

ARGAMASSAS TRADICIONAIS E INDUSTRIAIS DE ALVENARIA EM EDIFÍCIOS

JOSÉ LUÍS MESQUITA DOS SANTOS LIMA DE ALMEIDA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM MATERIAIS E PROCESSOS DE
CONSTRUÇÃO**

Professor Doutor Alberto Mário Vasconcelos Tavares Moreira

FEVEREIRO DE 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A meus Pais,
à minha irmã,
ao Fernando e
à Sofia

Give me a lever long enough and a fulcrum on which to place it, and I shall move the world
Archimedes

AGRADECIMENTOS

Foram vários os intervenientes que contribuíram para a realização deste trabalho, desejando expressar a todos o meu agradecimento.

Ao Professor Doutor Alberto Tavares Moreira, sob cuja orientação decorreu a realização deste trabalho, desejo expressar um profundo agradecimento pela sua simpatia, amabilidade, extrema compreensão, enorme ajuda, disponibilidade, grande paciência e ensinamentos transmitidos.

Ao Laboratório de Ensaio de Materiais de Construção e seu pessoal pela ajuda prestada na execução de alguns ensaios e simpatia com que sempre me receberam.

Ao meu amigo Fernando e Ricardo pela sua amizade, disponibilidade e paciência.

Aos meus pais, irmã e namorada um sentido agradecimento presença constante e incentivo.

RESUMO

O presente trabalho tem como objectivo fazer uma análise das cláusulas técnicas a argamassas preconizado nos cadernos de encargos de obras correntes. Fazer-se uma compilação de cadernos de encargos de diversos projectistas que fizessem referência a argamassas ao nível de elevação de alvenaria e revestimento.

Na primeira parte do trabalho apresentam-se conceitos gerais sobre a evolução das argamassas desde a origem até aos dias de hoje, definições, classificações e propriedades sobre os constituintes das argamassas e as argamassas. Vantagens e desvantagens da aplicação de argamassas tradicionais e industriais e sua tendência e patologias associadas as argamassas.

Na segunda parte do trabalho, desenvolveu-se uma componente experimental que teve por base, após uma selecção do tipo de argamassas tradicionais preconizadas em cadernos de encargos, quer de assentamento de alvenaria quer de revestimento de paredes interiores, com as argamassas industriais para o mesmo efeito, de um estudo comparativo das características tais como, resistência mecânica, massa volúmica, absorção de água por imersão e por capilaridade e penetração de água sob pressão.

Por fim, procurou-se fazer uma síntese de normas recentes que possibilitem uma melhor caracterização das argamassas nos cadernos de encargos.

PALAVRAS-CHAVE: argamassas de assentamento de alvenaria, de revestimento, tradicionais, industriais, cadernos de encargos.

ABSTRACT

This study aims to analyse the technical clauses of mortars, as recommended in the contracts. For this evaluation, a compilation of different contracts with reference to mortars at elevation of masonry and flooring level was made.

In the first part of the work, are presented the general concepts about the mortars evolution since its origins to the present day, as well as definitions, classifications and mortars constituent properties. There are also referred the vantages and drawbacks of traditional mortars and industry, its trends and pathologies.

For the second part of the work was developed an experimental component that was based on a selection of traditional type of mortars (brick laying and coating of interior walls) recommended in the contracts and its comparison with the industrial mortars. In this evaluation the mechanical strength, fresh and hardened density, water absorption by immersion and capillary action, and penetration of water under pressure were analyzed.

Finally, a synthesis of recent standards was made to allow a better characterization of mortars in the contract.

KEY-WORDS: mortars based masonry, coating, traditional, industrial, contract.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. GENERALIDADES	1
1.2. OBJECTIVOS DO TRABALHO	1
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	2
2. EVOLUÇÃO DA UTILIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NA CONSTRUÇÃO	3
2.1. INTRODUÇÃO HISTÓRICA	3
2.2. ARGAMASSAS INDUSTRIAIS	6
2.2.1. CONSTITUIÇÃO DE UMA FÁBRICA DE ARGAMASSAS SECAS	6
2.2.1.1. Armazém de matérias-primas em silos a cotas elevadas	6
2.2.1.2. Zona de pesagem com duas balanças	6
2.2.1.3. Secção de mistura, onde os componentes são misturados de forma homogénea, sem segregação	6
2.2.1.4. Secção de embalagem	7
2.2.2. FABRICO DE ARGAMASSAS SECAS	7
3. CARACTERIZAÇÃO DOS CONSTITUINTES DAS ARGAMASSAS	9
3.1. AGREGADOS	9
3.1.1. GENERALIDADES	9
3.1.2. CLASSIFICAÇÃO	9
3.1.2.1. Classificação segundo a origem	9
3.1.2.2. Classificação segundo a densidade	10
3.1.2.3. Classificação segundo as dimensões das partículas	10
3.1.2.4. Classificação segundo a rocha originária	10

3.1.3. CARACTERÍSTICAS/REQUISITOS	11
3.2. LIGANTES	11
3.2.1. CLASSIFICAÇÃO DOS LIGANTES.....	11
3.2.2. LIGANTES UTILIZADOS NO FABRICO DE ARGAMASSAS	12
3.2.2.1. Gesso	12
3.2.2.2. Cal	13
3.2.2.3. Cimento	16
3.3. ADJUVANTES E ADIÇÕES	16
3.3.1. TIPOS DE ADJUVANTES.....	17
3.3.2. TIPOS DE ADIÇÕES.....	17
3.4. ÁGUA DE AMASSADURA	18

4. ARGAMASSAS	19
4.1. DEFINIÇÃO E CONCEITOS	19
4.2. CLASSIFICAÇÃO	19
4.2.1. CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O LOCAL DE PRODUÇÃO	20
4.2.2. CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A CONCEPÇÃO	20
4.2.3. CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO AS PROPRIEDADES E UTILIZAÇÃO.....	20
4.3. FUNÇÕES E PROPRIEDADES	22
4.3.1. ARGAMASSAS DE REBOCO EM PASTA.....	22
4.3.2. ARGAMASSAS DE REBOCO ENDURECIDO.....	23
4.3.3. ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO DE ALVENARIA EM PÓ.....	25
4.3.4. ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO DE ALVENARIA EM PASTA	25
4.3.5. ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO DE ALVENARIA ENDURECIDA.....	25
4.4. APLICAÇÃO DE ARGAMASSAS	27
4.4.1. PREPARAÇÃO DOS SUPORTES.....	27
4.4.2. EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS PARA MISTURA E APLICAÇÃO	28
4.5. ESCOLHA DO TIPO DE ARGAMASSAS DE REBOCO	28
4.5. CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO	30
4.6. BASES DE SELECÇÃO DE PRODUTOS	27

5. ARGAMASSAS TRADICIONAIS VS. ARGAMASSAS INDUSTRIAIS	33
--	----

5.1. INTRODUÇÃO	33
5.2. SITUAÇÃO ACTUAL	34
5.3. TENDÊNCIAS	37
5.2. PATOLOGIAS	37
 6. CADERNOS DE ENCARGOS	 43
6.1. OBJECTIVOS DOS CADERNOS DE ENCARGOS	43
6.2. ANÁLISE DE VÁRIOS CADERNOS DE ENCARGOS	46
6.3. ENSAIOS	51
6.3.1. CONSISTÊNCIA POR ESPALHAMENTO	53
6.3.1.1. Descrição do ensaio	53
6.3.1.2. Apresentação dos Resultados	54
6.3.1.3. Discussão dos Resultados	54
6.3.2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E À FLEXÃO	55
6.3.2.1. Descrição do ensaio	55
6.3.2.2. Apresentação dos Resultados	56
6.3.2.3. Discussão dos Resultados	58
6.3.3. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE	59
6.3.3.1. Descrição do ensaio	59
6.3.3.2. Apresentação dos Resultados	60
6.3.3.3. Discussão dos Resultados	61
6.3.4. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO	61
6.3.4.1. Descrição do ensaio	61
6.3.4.2. Apresentação dos Resultados	62
6.3.4.3. Discussão dos Resultados	64
6.3.5. DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA DE ARGAMASSA FRESCA	64
6.3.5.1. Descrição do ensaio	64
6.3.5.2. Apresentação dos Resultados	65
6.3.5.3. Discussão dos Resultados	66
6.3.6. DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA DE ARGAMASSA ENDURECIDA	66
6.3.6.1. Descrição do ensaio	66
6.3.6.2. Apresentação dos Resultados	67
6.3.6.3. Discussão dos Resultados	67

6.3.7. PROFUNDIDADE DE PENETRAÇÃO DA ÁGUA SOB PRESSÃO	68
6.3.7.1. Descrição do ensaio	68
6.3.7.2. Apresentação dos Resultados.....	68
6.3.7.3. Discussão dos Resultados	73
6.3.8. ENSAIO DE RETRACÇÃO E EXPANSÃO	73
6.3.8.1. Descrição do ensaio	73
6.3.8.2. Apresentação e discussão dos Resultados	73
 7. CONCLUSÕES	 75
7.1. INTRODUÇÃO	75
7.2. PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	75
7.3. NORMALIZAÇÃO CEN SOBRE ARGAMASSAS	76
7.4. TRABALHOS FUTUROS	77
 BIBLIOGRAFIA	 79
ANEXO	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1.1 – História das Argamassas: Linha de Tempo	6
Fig.1.2 - Constituição de uma fábrica de argamassas secas	7
Fig.1.3 – Distribuição de argamassas secas e acabadas	8
Fig.3.1. – Diagrama esquemático dos tipos de cal e campos de aplicação	13
Fig.4.1. – Esquema de diferença entre emboco e reboco e monocamada	29
Fig.5.1 – Distribuição da produção nacional de argamassas	34
Fig.5.2 - Distribuição da produção nacional de argamassas industriais	35
Fig.5.3 – Distribuição da produção nacional de argamassas secas	35
Fig.5.4 – Crescimento de produção de argamassas entre 2002-2004	36
Fig.5.5 – Capitação de argamassas fabris (kg/habitante)	36
Fig.5.6 – Previsão de evolução	37
Fig.6.1 – Organograma referente à estruturação dos documentos constituintes de um projecto	44
Fig.6.2 – Ensaio de espalhamento	54
Fig.6.3 – Ensaio para a determinação da resistência mecânica à flexão	56
Fig.6.4 – Ensaio para a determinação da resistência mecânica à compressão	56
Fig.6.5 – Gráfico da evolução da resistência à flexão das argamassas	57
Fig.6.6 – Gráfico da evolução da resistência à compressão das argamassas	58
Fig.6.7 – Preparação dos provetes para o ensaio de capilaridade e imersão	59
Fig.6.8 – Ensaio de absorção de água por capilaridade	60
Fig.6.9 – Curva de absorção de água por capilaridade das argamassas	60
Fig.6.10 – Ensaio de absorção de água por imersão	62
Fig.6.11 - Gráfico da absorção de água por imersão das argamassas	64
Fig.6.12 – Gráfico das massas volúmicas das argamassas frescas	65
Fig.6.13 – Provetes usados no ensaio	66
Fig.6.14 – Gráfico da massa volúmica endurecida das argamassas	67
Fig.6.15 – Ensaio de profundidade de penetração da água sob pressão	68
Fig.6.16 – Imagem do ensaio e resultado em A1	69
Fig.6.17 – Imagem do ensaio de R3, à esquerda, e de R4, à direita	69
Fig.6.18 – Ensaio de penetração de água sob pressão (100 kPa)	70
Fig.6.19 – Provetes A1 e A2 durante o ensaio	71
Fig.6.20 - Provetes R1 e R2 durante o ensaio	71

Fig.6.21 – Provetes R3 e R4 durante o ensaio	71
Fig.6.22 – Visualização de todos os provetes ao fim de 2 horas	72

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Quadro de classificação dos tipos de cal de construção	15
Tabela 4.1 – Tabela resumo das classificações das argamassas.....	21
Tabela 4.2 – Requisitos para as propriedades do produto em pasta	23
Tabela 4.3 – Classificação para as propriedades do produto endurecido.....	23
Tabela 4.4 – Requisitos para as propriedades do produto endurecido e respectiva norma de ensaio.....	24
Tabela 4.5 – Requisitos para as propriedades do produto em pó e respectiva norma de ensaio	25
Tabela 4.6 – Requisitos para as propriedades do produto fresco e respectivas normas de ensaio	25
Tabela 4.7 – Requisitos para as propriedades do produto endurecido e respectiva norma de ensaio.....	26
Tabela 4.8 – Classes de resistência à compressão.....	27
Tabela 4.9 – Recomendações sobre as características das argamassas segundo a aplicação e acabamento.....	31
Tabela 5.1 – Patologias segundo a exposição	39
Tabela 5.2 – Patologias e causas possíveis em rebocos industriais.....	40
Tabela 6.1 – Traço de argamassas de assentamento de alvenaria	48
Tabela 6.2 – Traço de argamassas para execução de chapisco	48
Tabela 6.3 – Traço de argamassas de emboço e reboco em paredes interiores	49
Tabela 6.4 – Traço de argamassas de emboço e reboco de tectos.....	50
Tabela 6.5 – Traço de argamassas de emboço e reboco em paredes exteriores	50
Tabela 6.6 – Análise granulométrica da areia utilizada	52
Tabela 6.7 – Traço em volume das argamassas convertido em peso	52
Tabela 6.8 – Quantidade de massa dos constituintes em função do traço	53
Tabela 6.9 – Valores de consistência das argamassas.....	54
Tabela 6.10 – Quantidade de água necessária para a amassadura	55
Tabela 6.11 – Resistências à flexão das argamassas.....	57
Tabela 6.12 -- Resistências à compressão das argamassas	58
Tabela 6.13 – Valor do coeficiente de absorção das argamassas	61
Tabela 6.14 – Valores do ensaio de absorção de água por imersão	63
Tabela 6.15 – Valores para a determinação da massa volúmica das argamassas frescas.....	65
Tabela 6.16 – Valores da massa volúmica endurecida das argamassas.....	67
Tabela 6.17 – Valores de profundidade máxima de penetração	73
Tabela 7.1 – Resumo das características dos valores dos ensaios	76

1

INTRODUÇÃO

1.1. GENERALIDADES

A análise das cláusulas técnicas especiais referentes a argamassas de cadernos de encargos de obras de construção de edifícios correntes, revela, em nosso entender, alguma insuficiência.

De facto, embora existam por vezes cláusulas adequadas quanto às condições técnicas de aplicação das argamassas, geralmente é muito escassa ou mesmo nula a especificação quanto a características das argamassas. Apenas são indicadas as constituições das diferentes argamassas, consoante a sua utilização, através dos seus traços, expressos pelas proporções volumétricas entre ligante(s) e areia. Estes traços não indicam a quantidade de água e apenas definem o tipo de areia pela indicação sumária de fina, meia areia ou grossa, sem referência à granulometria ou mesmo a módulos de finura.

Assim, é possível confeccionar uma determinada argamassa com quantidades de água muito diversas, a que correspondem características igualmente diversas da argamassa, cumprindo o estipulado no caderno de encargos, mas podendo obviamente não ter um comportamento adequado. Fica portanto dependente da experiência ou competência do operador a confecção adequada da argamassa.

Com o objectivo de tentar contribuir para obviar a esta situação, foi elaborado o presente trabalho.

Tendo em conta a utilização progressiva de argamassas industriais que limitam esta dependência do operador, foi também tida em conta a sua consideração neste trabalho.

1.2. OBJECTIVOS DO TRABALHO

O objectivo desta tese é elaborar uma compilação de cadernos de encargos de diversos projectistas que fizessem referência à aplicação de argamassas ao nível de elevação de alvenaria e revestimento de panos, quer interiores, quer exteriores, e tectos. Tem por fim efectuar uma sistematização das diversas soluções para as diferentes utilizações das argamassas e sua articulação com publicações e normas nacionais e internacionais.

Para este efeito, procedeu-se à análise sistemática de alguns cadernos de encargos sobre argamassas tradicionais, tendo-se seleccionado algumas composições tipo e elaborado um programa experimental com o estudo de algumas características destas argamassas (resistências mecânicas, massa volúmica,

absorção de água por imersão e por capilaridade, penetração de água sob pressão e retracção). Foram igualmente estudadas argamassas industriais (de assentamento de alvenaria e de reboco de interiores) com consistência igual à das tradicionais correspondentes, e realizada a comparação respectiva.

Para além do programa experimental comparativo de argamassas tradicionais e industriais, procedeu-se a uma síntese para actualização da normalização produzida a nível do CEN quanto a argamassas.

Da recente normalização europeia sobre argamassas destacam-se:

- NP EN 13139:2005 [9]– Agregados para argamassas;
- NP EN 459-1:2002 [16]– Cal de construção;
- NP EN 413-1:2006 [21] – Cimentos de alvenaria;
- EN 1015 – 1 a 21 [40] – Determinação de diferentes características de argamassas;
- EN 998-1:2003 [23]– Argamassas de alvenaria de revestimento – Especificação;
- EN 998-2:2003 [24]– Argamassas de alvenaria de assentamento – Especificação.

Estas normas permitem uma reformulação da elaboração dos cadernos de encargos no que respeita a argamassas, possibilitando a especificação dos constituintes, a especificação das propriedades/desempenho das argamassas e a verificação dessas propriedades.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho encontra-se organizado do seguinte modo:

O CAPITULO 1 descreve os objectivos do presente trabalho e a respectiva estrutura.

No CAPITULO 2 apresenta-se a evolução verificada na utilização das argamassas na construção desde a antiguidade até ao presente momento.

No CAPITULO 3 encontra-se realizada a caracterização dos constituintes das argamassas.

No CAPITULO 4 apresenta-se um estudo genérico sobre argamassas, desde a sua definição, diversas classificações, funções e propriedades, aplicações, condições de aplicação e bases de selecção de produtos.

No CAPITULO 5 é feita a comparação, em diversos aspectos, entre argamassas tradicionais e argamassas industriais.

No CAPITULO 6 é realizada a análise comparativa de cadernos de encargos no que respeita a argamassas e apresentado o programa experimental realizados nos moldes indicados anteriormente.

No CAPITULO 7 apresentam-se as conclusões extraídas no âmbito do presente trabalho e indica-se qual o possível trabalho futuro.

2

EVOLUÇÃO DA UTILIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NA CONSTRUÇÃO

2.1. INTRODUÇÃO HISTÓRICA

Ao longo de toda a história do homem este sempre precisou de abrigos, quer para se defender das intempéries como dos animais e dos seus semelhantes menos amistosos; começou pelos abrigos naturais (saliências nos terrenos e grutas, sob e sobre as árvores), passando aos artificiais (ramagens entrelaçadas, estacas, sobreposição de pedras e combinação dos diversos materiais ao seu dispor).

A fim de obterem uma melhor estabilidade nas construções, os nossos antepassados necessitaram da utilização de pequenas camadas de argila, inicialmente seca e posteriormente molhada, lama, de forma a reduzirem ou eliminarem as fendas entre as diversas peças utilizadas.

Em locais com carência de pedra começou-se por amassar a argila, moldá-la em adobes que posteriormente secavam naturalmente. Mais tarde, para lhe melhorar a resistência, passaram a ser incorporadas ervas secas no fabrico dos adobes.

Segundo estudos efectuados chegou-se à conclusão que, para além da argila, também já há mais de 10 000 anos são utilizadas argamassas com utilização de pedra calcária, calcinada em fornos alimentados a lenha.

O resultado desta operação origina a cal viva:



Posteriormente, junta-se água à cal viva (reacção fortemente exotérmica),



Após a evaporação do excesso de água, fica um pó branco, Cal Hidratada, que foi o primeiro ligante não hidráulico fabricado pelo Homem.

Foi desenvolvida uma técnica que fabricava uma massa plástica composta por cal, gesso, areia, pedras, fragmentos de tijolo e água, o que conferia maior estabilidade às construções. Na Babilónia, há cerca de 6000 anos, foram erguidos edifícios que duraram séculos.

Posteriormente, com a junção das pozolanas (cinzas dos vulcões) antes do cozimento da cal, os Romanos conseguiram que as argamassas tivessem maior durabilidade. Misturavam-lhe, além dos agregados, aditivos e adjuvantes (sabões, resinas, proteínas e cinzas), que lhes permitiam melhorar os resultados pretendidos. Chegavam a misturar sangue, leite e banha, melhorando o manuseamento e conferindo à argamassa características de maior coesão, impermeabilização, resistência ao gelos e

degelos e ainda coloração. Provocavam a introdução de bolhas de ar, o que terá contribuído para um aumento da sua resistência e idade.

Nas obras públicas, a junção do material pozolânico levava a uma melhoria das características dos rebocos e pisos assim produzidos. Os materiais pozolânicos combinam-se com o hidróxido de cálcio formando, compostos estáveis como, entre outros, silicatos de cálcio.

Na ausência da água as pozolanas têm um comportamento inerte, contrariamente ao que acontece na sua presença já que introduzindo água numa mistura de pozolanas com cal estes reagem formando hidróxido de cálcio. Como as pozolanas, na sua constituição, têm alumina, sílica e cálcio, reagem com o hidróxido de cálcio formando silicatos de cálcio que, devido à sua estabilidade, permitem uma redução de porosidade e aumento na resistência mecânica da argamassa.

As argamassas com pozolanas e adição ou junção de materiais diversos, quer inorgânicos quer orgânicos, permitiu um grande avanço na Arquitectura pois possibilitou a construção de edifícios de maior dimensão quer em largura quer em altura; assistiu-se à construção de aquedutos com arcos de vãos maiores, salas com abóbadas e vãos mais dilatados assim como tetos e telhados abobadados.

Havia um elevado número de materiais a juntar, variando a sua utilização com o destino ou futura utilização do empreendimento. Hoje conhecem-se duzentos e quarenta aditivos orgânicos utilizados na Roma antiga para melhorar as características das argamassas.

Relativamente à junção de materiais inorgânicos, além da cal, juntava-se areia vulcânica activa, pozolana artificial obtida a partir de barro moído, argila caolítica calcinada a cerca de 800 graus centígrados. Os romanos tinham conseguido, na prática, com adição de aluminatos e silicatos reactivos provenientes das pozolanas e do pó de telha, uma melhoria nas anteriores argamassas feitas à base de cal.

No que se refere a muros e paredes feitos à base de pedras, ou pedras e tijolos, a sua forma era obtida por colagem com tipos diferentes de argamassas conforme os fins a que se destinavam. Destacam-se três tipos diferentes[1]:

- Opus cementicium, mais generalizada, formada por uma mistura de cal, areia e pozolana, ou pedaços de tijolo ou turfa.
- Coccio pisto, mistura de cal com pedaços de tijolo.
- Opus Signinum, utilizava um tipo de areia do norte de Roma, (argila caolítica) calcinada a 800°C. Como tinha uma elevada dureza utilizava-se em cisternas, salgadeiras, tanques de água e fontes.

Após a queda do império romano, assistiu-se a uma redução do poder económico que se reflectiu numa diminuição na qualidade das construções, surgindo argamassas com mais areia, mais argila e menos cal. Esta situação prolongou-se pela idade média, piorando a qualidade das argamassas devido ao progressivo desconhecimento técnico fruto das restrições das comunicações. Porém verificou-se a partir do sec. VIII o contacto da civilização ocidental com os árabes que ocuparam a ibérica trazendo gesso e sendo senhores de uma elevada tecnologia. Preparando as argamassas essencialmente à base de gesso efectuaram nobres decorações dos edifícios.

Os trabadillos, argamassa peninsulares do século VIII, eram constituídos por gesso, cal viva, areia calcária e aditivos como gorduras de animais, ceras e resinas como o látex da figueira.

Os trabadillos eram utilizados em argamassas para juntas, estuques e rebocos, quer interiores quer exteriores, pois os árabes eram senhores de técnica de hidrofugação do gesso que impedia a dissolução dos sulfatos na água.

Vários séculos mais tarde John Smeaton (1724 - 1792) desenvolveu a Cal Hidráulica como ligante hidráulico[2].

Seguidamente, em 1824, outro inglês Joseph Aspdin e seu filho, registaram a patente do Cimento Portland, assim denominado por a sua cor ser idêntica à cor da pedra daquela ilha britânica. Mantiveram bem guardado o segredo do seu fabrico que não era mais que o aquecimento dos fornos que lhes permitia temperaturas mais elevadas no processo de cozedura.

Mais tarde, em 1853, o cimenteiro Emile Dupon e o químico Charles Demarle, utilizando moinhos verticais e água, conseguem uma boa pasta que transformam em briquettes que, após secagem e cozedura no forno, são transformados em cimento Portland. Registam a patente, deixando de ser um exclusivo britânico. Devido à melhoria de propriedades mecânicas (maior resistência) e redução no tempo de presa o que correspondeu a favor do encurtamento no tempo de duração das obras, logo maior economia, deu-se o incremento no consumo de cimento, tendo a cal hidráulica perdido mercado a favor daquele.

Houve também economia de espaço para estaleiro pois o cimento Portland substituiu com êxito nas obras de construção civil, tanto a cal hidráulica como a cal hidratada.

Veio a constatar-se que a opção por um único ligante hidráulico trazia, às vezes, graves problemas de fissuração nos rebocos, dado o comportamento das argilas em presença da água. As argilas ao endurecerem perdem água contida na sua estrutura coloidal, dando origem a vazios. Ao serem preenchidos esses vazios pelas partículas leva ao aumento do número de pontos de contacto entre si, originando a plasticidade. Com a perda de água no interior da (arga)massa dá-se a contracção que poderá originar fissuração.

Antigamente trabalhava-se bem com saibros, arte que se foi perdendo devido ao encurtamento nos prazos de execução, o que levou ao fabrico de argamassas cada vez mais rígidas, com resistências mecânicas superiores às necessárias e trabalhabilidade reduzida o que leva a frequente retracção do reboco e consequente fissuração. Tem-se também verificado a utilização de areias fluviais como agregado, o que levou a menor fissuração mas piorou a trabalhabilidade das argamassas.

Chega-se à conclusão que a utilização de um único ligante com um único agregado para o fabrico de uma argamassa não foi benéfica para a qualidade do reboco. A utilização de mais cimento leva ao consumo de mais água, situação muito frequente em obra, o que leva a uma retracção ainda mais evidente, já que as partículas de cimento se vêem rodeadas de menor quantidade de agregados, levando à consequente fissuração. A fim de contrariar estas ocorrências, entre 1950 e 1960 surgiu na Europa na construção civil uma nova Indústria de Fabricação de Argamassas em Fábrica.

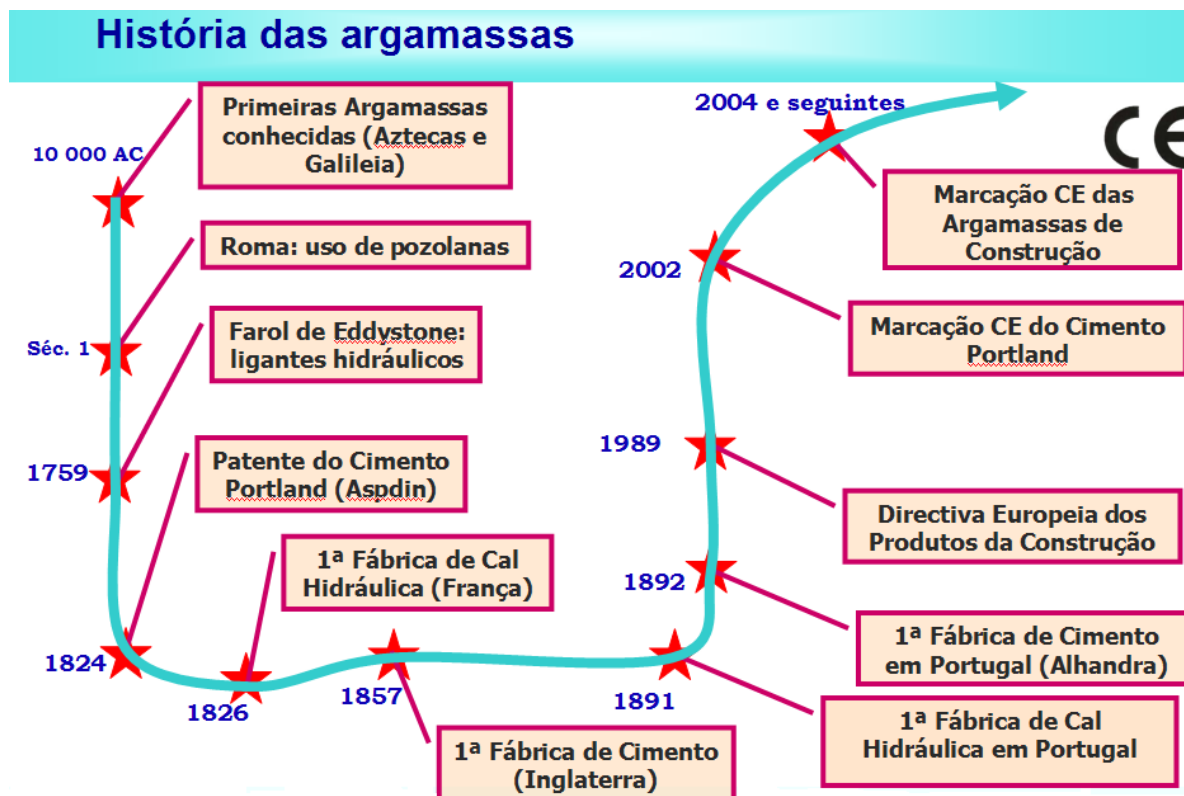


Figura 1.1 – História das Argamassas: Linha de Tempo

2.2. ARGAMASSAS INDUSTRIAIS – FABRICO

As argamassas de fábrica são constituídas de acordo com a utilização a que se destinam, podendo ser transportadas para a obra ensacadas, em contentores ou em cisternas.

A proliferação de fábricas de argamassas vem na sequência de uma maior confiança nos resultados da utilização, pois a sua composição é de acordo com os fins pretendidos. Existe uma grande poupança de espaço em obra, homogeneidade nas misturas de agregados com os ligantes, fiabilidade nos resultados e melhor racionalização dos esforços.

2.2.1. CONSTITUIÇÃO DE UMA FÁBRICA DE ARGAMASSAS SECAS

2.2.1.1. Armazém de matérias-primas em silos a cotas elevadas

- Silos com capacidade para 100 ou mais toneladas de ligantes ou agregados
- Silos de capacidade inferior a 10 toneladas para aditivos

2.2.1.2. Zona de pesagem com duas balanças:

- Balança de grande capacidade para os componentes maioritários
- Balança de menor capacidade para aditivos

2.2.1.3. Secção de mistura, onde os componentes são misturados de forma homogénea, sem segregação

2.2.1.4. Secção de embalagem:

- Ensacamento das argamassas secas, paletização e protecção com filme plástico retráctil (para fornecimento em saco)
- Enchimento de camiões cisterna (para fornecimento a granel)
- Descarga para silos de produto acabado em que a capacidade pode atingir as 100 ou 200 toneladas (armazenamento em silos)

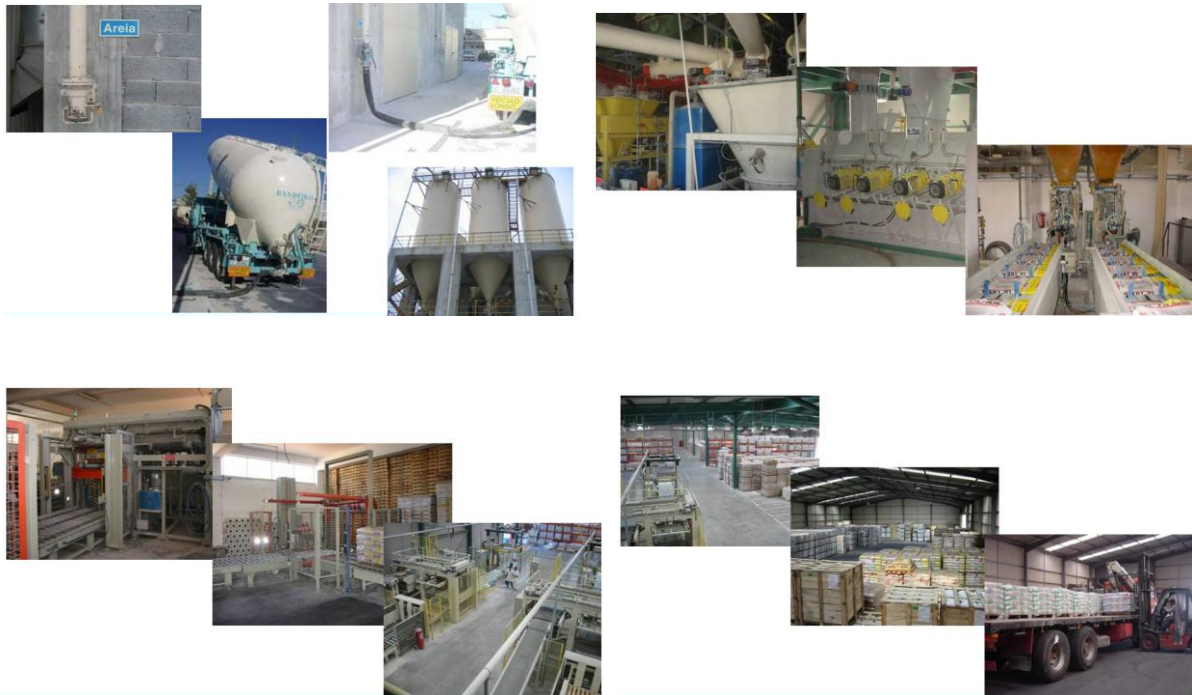


Figura 1.2 – Constituição de uma fabrica de argamassas secas [3]

2.2.2. FABRICO DE ARGAMASSAS SECAS

Armazenagem de agregados após a sua recepção e possível selecção em silos para as diversas granulometrias

Silos em separado para os diversos ligantes

- Cimento Portland (cinzento e branco)
- Cal Hidráulica
- Cal Hidratada

Silos mais pequenos para os diferentes Aditivos

O processo de fabrico é controlado por um computador programado para as diferentes formulações de argamassas.

Selecciona-se o programa pretendido.

As pesagens são efectuadas e lançadas no misturador as matérias prima seleccionadas.

Após a conclusão da mistura a Argamassa Seca é ensacada, ensilada ou carregada em camiões cisterna.

Existem sistemas de segurança e de controlo intermédio e final que permitem ao produto acabado estar de acordo com as especificações pré estabelecidas.

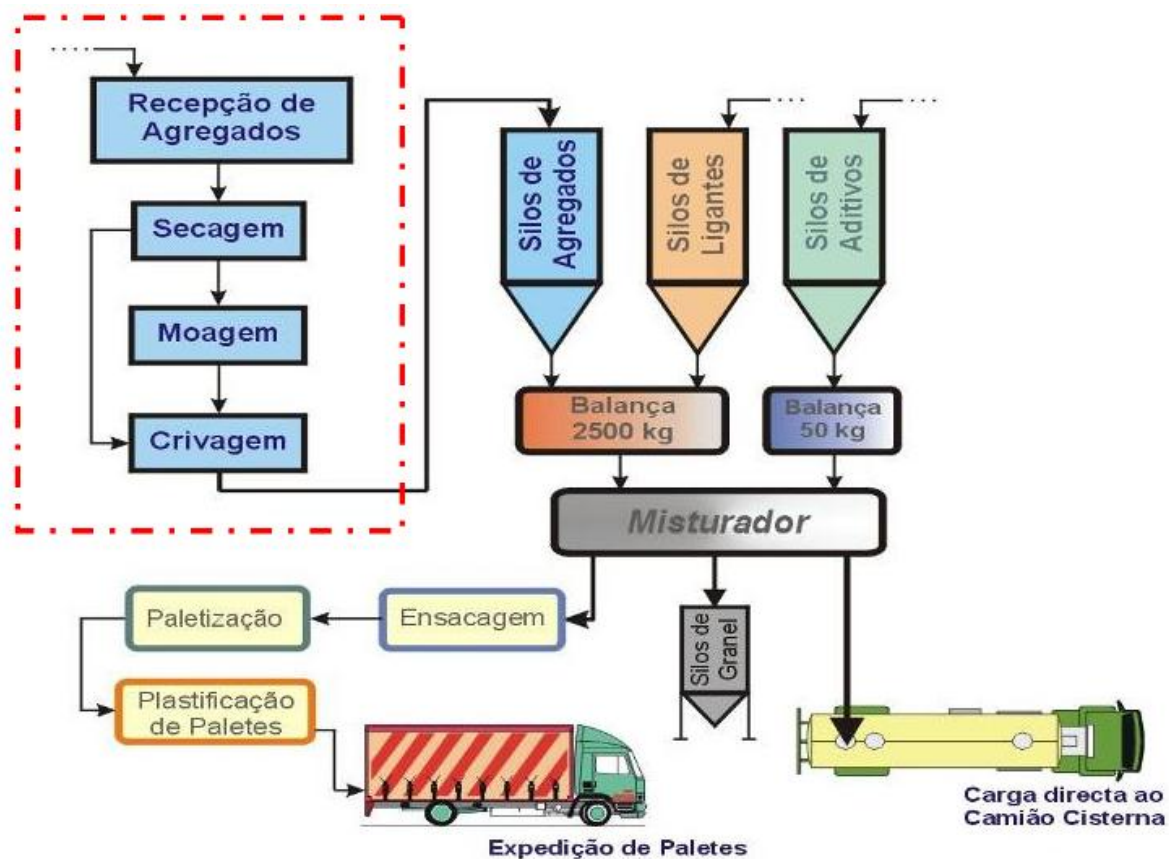


Figura 1.3 – Distribuição de argamassas secas e acabadas[3]

3

CARACTERIZAÇÃO DOS CONSTITUINTES DAS ARGAMASSAS

As argamassas são constituídas por um ou mais ligantes, areia e água, eventualmente adjuvantes e adições.

3.1. AGREGADOS

3.1.1. GENERALIDADES

O uso, unicamente de pasta de cimento endurecida como material de construção seria impensável, apesar de apresentar resistência mecânica aceitável, devido à grande instabilidade dimensional, aos valores elevados de fluência e retracção, e ao elevado custo. Então, o objectivo será de utilizar a máxima quantidade de agregados de granulometria adequada, permitindo a maior compacidade possível, minimizando o volume de vazios e permitindo utilizar uma quantidade mínima de pasta de cimento mas de maneira que aglomere as partículas de agregados [10].

O agregado é um material granular utilizado na construção, incoesivo, de actividade química praticamente nula, constituído pela mistura de partículas cobrindo uma extensa gama de tamanhos.

3.1.2. CLASSIFICAÇÃO

Os agregados podem ser classificados segundo a origem, densidade e dimensões das partículas [10].

3.1.2.1 Classificação segundo a origem [9,10]

- Naturais – “agregado de origem mineral que foi sujeito apenas a processamento mecânico” que já se encontram tal como são na natureza (areia e godo) e os agregados britados que são o resultado da britagem de materiais naturais (britas e areias britadas)
- Artificial – “agregado de origem mineral resultante de um processo industrial envolvendo modificações térmicas ou outras” visto serem obtidos com o intuito de produzir argamassas com determinadas propriedades, obtidos a partir dos subprodutos da combustão do carvão nas centrais térmicas, cinzas volantes, do fabrico do aço, escórias de alto forno, da industria corticeira, etc.

- Reciclados – “agregado resultante do processamento de materiais inorgânicos anteriormente utilizados na construção” são os mais recentes de todos os agregados e são os obtidos por reciclagem de materiais, tais como os da trituração de betão endurecido proveniente dos escombros.

3.1.2.2 Classificação segundo a densidade

- Podem ser classificados como leves, de massa volúmica normal e pesados. Normalmente os mais utilizados são os de massa volúmica normal: as areias, granitos ou basaltos (proveniente de rochas ígneas) e arenitos ou calcários (provenientes de rochas sedimentares).

3.1.2.3 Classificação segundo as dimensões das partículas

- O agregado pode ser classificado como fino quando a sua máxima dimensão é menor ou igual a 4mm, sendo designado como areia rolada quando tem origem em agregados naturais, e areia britada quando obtida por britagem. O agregado com dimensão máxima superior a 4 mm é designado por grosso e pode ser o godo (de origem sedimentar) rolado, calhau ou seixo e a brita. No fabrico das argamassas apenas se utilizam os agregados finos (areias).

O agregado de uma maneira geral é o constituinte que tem maior representação numa argamassa e visto poder ser muitíssimo heterogéneo quer a nível físico quer químico, leva a que variações de quantidade ou de qualidade façam alterar bastante as características das argamassas.

Assim sendo, variações da dimensão adequada da areia e do tipo da mesma influenciam a trabalhabilidade e compacidade da argamassa podendo reduzir ao mínimo a quantidade de pasta de cimento e por sua vez a quantidade de água necessária.

3.1.2.4. Classificação segundo a rocha originária

As areias como provêm da desagregação de rochas, naturais ou britadas, podem dividir-se a nível químico entre [11,12]:

- areias siliciosas, quartzosas e graníticas, proveniente de rio, areeiro, ou pedreiras
- areias argilosas proveniente de areiros e,
- areias calcárias com origem em pedreiras.

As areias argilosas conferem maior trabalhabilidade e resistências mecânicas satisfatórias às argamassas devido aos finos da argila, No entanto uma quantidade excessiva de finos leva a que estes, além de reduzirem as ligações na interface pasta de cimento / agregado, obriguem à utilização de maior quantidade de água devido ao acréscimo da superfície específica dos agregados [13], consequentemente com influências negativas ao nível das propriedades mecânicas da argamassa.

A areia de areeiro normalmente apresenta-se como uma areia mais áspera, com grãos mais angulosos e contendo mais impurezas, enquanto a areia do rio, apesar de ser mais lavada é mais rolada, conferindo menor resistência às argamassas. Nas areias de pedreiras tem-se que ter atenção ao teor de finos No entanto, como os grãos são mais angulosos e de dimensões variáveis, permitem um melhor empacotamento das partículas e uma menor porosidade da argamassa, obtendo-se assim uma

argamassa de maior resistência. De uma maneira geral, quer pela sua resistência mecânica, quer pela estabilidade, as areias siliciosas são as preferidas para o fabrico de argamassas.

3.1.3. CARACTERÍSTICAS/REQUISITOS

O agregado a utilizar para o fabrico de uma argamassa deverá respeitar:

- forma, dimensão máxima e mínima e composição granulométrica adequadas;
- não reagir com agentes externos;
- compatibilidade química com os constituintes da argamassa;
- resistências mecânicas à altura das necessidades impostas;
- ausência de materiais nocivos, tais como matéria orgânica, partículas demasiado finas ou quantidade excessiva de argila.

Por conseguinte, dada a possibilidade de utilização de diversos tipos de agregados para a confecção de argamassas, torna-se necessário o recurso a normas existentes a fim de se fazer cumprir as especificações de acordo com a finalidade do tipo de argamassa. A natureza dos agregados deve permitir garantir todos os requisitos impostos à argamassa em função da sua utilização.

Assim sendo, a norma NP EN 13139:2005 [9] especifica as propriedades dos agregados com aplicações nas argamassas em estudo: argamassas de alvenaria e argamassas de revestimento de paredes interiores e exteriores, entre outras.

Os requisitos impostos pela norma em causa aos agregados são três: requisitos geométricos (dimensões do agregado, granulometria, forma das partículas, teor de conchas e finos), requisitos físicos (massa volúmica das partículas e absorção de água) e requisitos químicos (teor em cloretos, compostos contendo enxofre, constituintes que alteram o tempo de presa e resistência da argamassa, requisitos adicionais para agregados artificiais e durabilidade).

3.2. LIGANTES

Ligante é um produto que ganha presa e endurece, podendo aglomerar outros materiais, tais como agregados grossos e finos (areia). Têm propriedades aglomerantes [10].

3.2.1. CLASSIFICAÇÃO DOS LIGANTES

Os ligantes dividem-se entre hidrófilos e hidrófobos. Os primeiros, os que interessam para o trabalho, são os que têm afinidade com a água e misturados com ela formam uma pasta que endurece enquanto que nos segundos a água não tem qualquer papel na produção, sendo constituídos por substâncias mais ou menos viscosas que endurecem por arrefecimento, evaporação de solventes ou reacção química entre eles [10].

Os ligantes hidrófilos dividem-se em duas subcategorias:

- **Aéreos** – tal como o gesso e a cal aérea que têm em comum não resistir à água

- **Hidráulicos** – tal como a cal hidráulica e o cimento que resistem à água (ganham presa e endurecem dentro de água).

Existe mais ou menos consenso na classificação das argamassas e sua finalidade em função do tipo de ligante utilizado, visto a utilização de uma forma unitária ou combinada face ao fim a que se destinam poder ser vantajosa, já que se aproveitam as propriedades de cada um dos ligantes.

3.2.2. LIGANTES UTILIZADOS NO FABRICO DAS ARGAMASSAS

3.2.2.1. Gesso

Usado desde há muito, essencialmente em zonas de clima seco, por exemplo povos como os Egípcios e Fenícios, devido à facilidade de obtenção, baixas temperaturas de produção e humidade atmosférica baixa que garantem a sua durabilidade[15].

É um constituído por sulfatos mais ou menos hidratados de cálcio e sulfatos anidros de cálcio, obtidos por desidratação e cozedura da pedra de gesso ou gesso bruto, que é obtido por extracção e seguidamente britagem.

O gesso, pó branco como caracteristicamente o conhecemos na construção, é o resultado da mistura do material moído, obtido pela cozedura entre os 130°C e os 160°C da pedra de gesso que origina o chamado gesso de Paris, gesso para estuque ou gesso calcinado – $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ entre 60% a 70% e o restante de anidrite - CaSO_4 [10].

O gesso durante a presa tem uma reacção exotérmica e expansiva o que evita problemas de contracção; no entanto visto não resistir à humidade, acabando mesmo por apodrecer em contacto excessivo com esta, leva a que seja um mau material para utilizar em exteriores e muito bom para interiores, no que respeita a execução de pormenores moldados e revestimento de paredes e tectos devido a sua maleabilidade. É um bom isolante térmico e acústico devido ao facto de ter uma [baixa condutividade térmica](#) e um elevado [coeficiente de absorção acústica](#). É também resistente ao fogo pois, como tem um baixo coeficiente de condutibilidade térmica, impede que o fogo alastre a outras zonas do local onde o gesso está aplicado, aliado ao facto de libertar água quando exposto a temperaturas acima dos 160°C. Tem má aderência em superfícies lisas principalmente em madeira e devido à corrosão do ferro e do aço, as armaduras têm de ser totalmente protegidas (quando é necessária a utilização de pregos usam-se pregos de zinco) [10,14,15].

Por fim, nos dias de hoje, uma das grandes utilizações do gesso é em produtos tais como placas pré-fabricadas para a decoração e o gesso cartonado (tipo Pladur ou Plascoplatre - marcas que comercializam este produto), que são placas de gesso prensado entre duas folhas de cartão. Dependendo das características que lhe são impostas assim são acrescentados, ou não, aditivos ao gesso cartonado, sendo esse facilmente identificado pela sua cor [10,15]:

- Branco - normal
- Rosa - corta-fogo
- Verde - resistente à água (hidrófugo)

3.2.2.2. Cal

É um dos ligantes artificiais mais antigos e que resulta da cozedura entre os 800°C e os 1000°C dos calcários, constituídos por CaCO_3 [10].

Segundo a norma NP EN 459-1:2005 [16] pode-se definir a cal como “material abrangendo quaisquer formas físicas e químicas, sob as quais podem aparecer o óxido de cálcio e ou de magnésio (CaO e MgO) e ou hidróxidos (Ca(OH)_2 e Mg(OH)_2)”

Existem diferentes tipos de cais. Porém, para uma melhor abordagem e esquematização das mesmas, recorreremos à norma NP EN 459-1:2005 [16] tal como a algumas definições, à figura 3.1 e à tabela 3.1 que apresentamos em seguida:

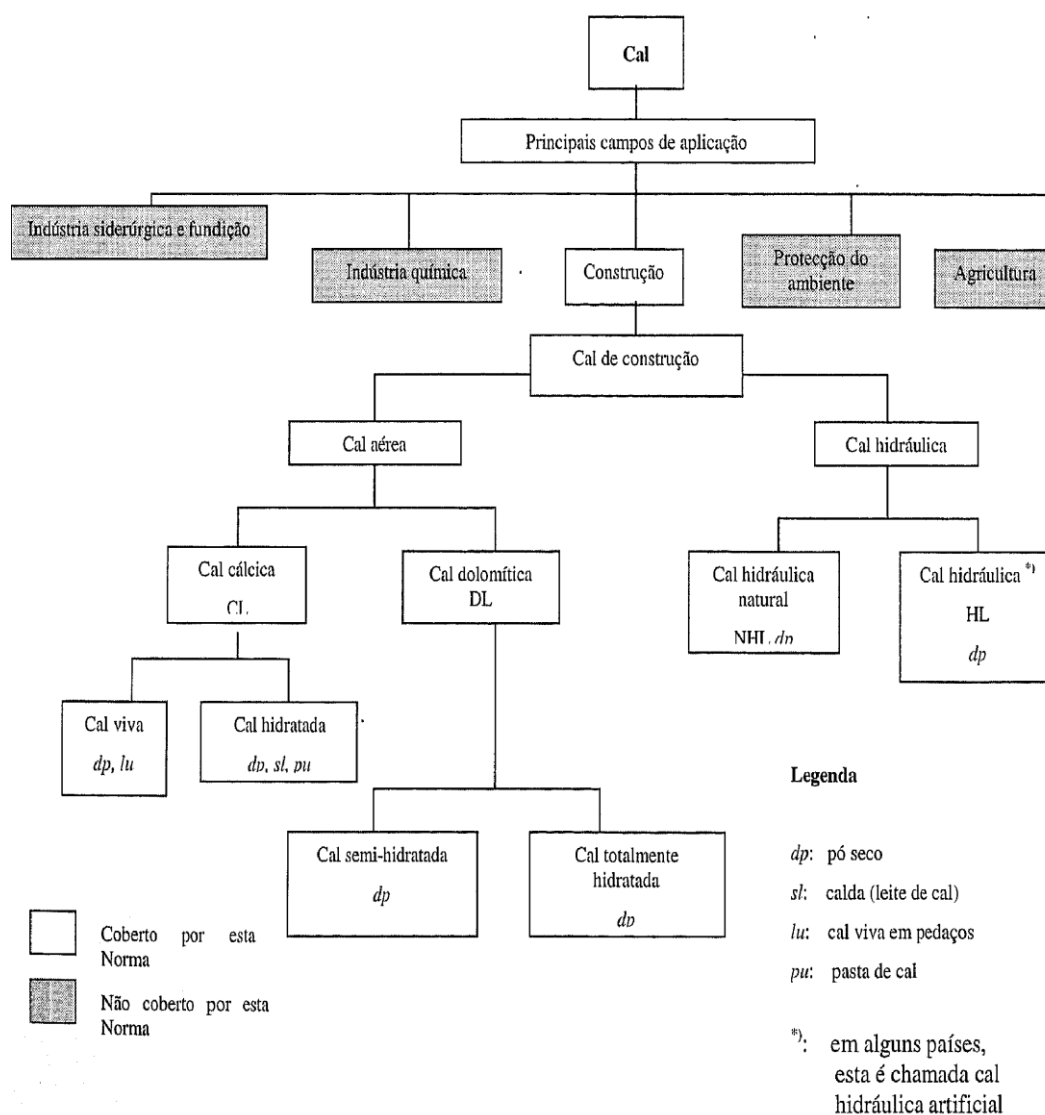


Fig. 3.1 – Diagrama esquemático dos tipos de cal e campos de aplicação [16]

Assim sendo, de acordo com os diferentes tipos de cal na construção, temos:

a) Cais aéreas

Que segundo a norma são “cais constituídas principalmente por óxido ou hidróxido de cálcio as quais endurecem lentamente ao ar por reacção com o dióxido de carbono atmosférico. Geralmente não fazem presa dentro de água, visto que não têm propriedades hidráulicas.” sendo obtidas a partir de calcário quase puro numa cozedura sensivelmente a 850°C.

As cais aéreas, segundo a quantidade de impurezas, até um máximo de 5%, podem ser gordas ou magras. As cais aéreas gordas são o resultado de calcário com menos de 1% de argila, ou de outras impurezas (que não sejam carbonatos) enquanto que a cal magra, acinzentada, é quando o calcário contém entre 1 e 5% de argila, ou de outras impurezas (que não sejam carbonatos). As gordas distinguem-se das magras pelas suas propriedades plásticas, visto as gordas serem mais facilmente trabalháveis e macias do que as magras. No entanto, a reacção de presa é a mesma para ambas [10,17].

O magnésio aparece muitas vezes associado ao cálcio, logo dependendo da quantidade deste, a cal aérea é dividida entre cal aérea cálcica (CL) e cal aérea dolomítica (DL). A primeira constituída essencialmente por óxido de cálcio ou por hidróxido de cálcio, e a segunda constituída por óxido de cálcio e óxido de magnésio ou por hidróxido de cálcio e por hidróxido de magnésio, ambos CL e DL sem quaisquer adições de materiais hidráulicos ou pozolânicos.

Dentro das cais aéreas cálcicas temos a considerar a cal viva e a cal hidratada. De acordo com a mesma norma NP EN 459-1:2005 temos:

- A cal viva designada (na norma) pela sigla Q, é constituída principalmente por óxido de cálcio e por óxido de magnésio produzidas por calcinação de rocha calcária e ou de dolomite. Têm uma reacção exotérmica quando em contacto com a água. Apresentam-se em diferentes tamanhos, desde pedaços a materiais finamente pulverizados. As cais vivas incluem as cais cálcicas e dolomíticas.
- A cal hidratada designa-se pela sigla S difere da cal viva por ser o resultado da extinção das cais vivas, isto é, por reacção com a água. São produzidas sob a forma de pó seco, de pasta, ou de calda (leite de cal).

As principais aplicações actuais da cal aérea, apesar de ter caído bastante em desuso, devido ao aparecimento e uso mais generalizado de novos ligante, aditivos e outros produtos, é o de fabrico de blocos sílico-calcários, misturada com gesso no fabrico de estuques, misturada com pozolanas constituindo ligantes hidráulicos, sob a forma de leitada na caiação de muros e misturada com cimento ou cal hidráulica em argamassas de reboco visto que a cal propicia maior plasticidade à argamassa, permitindo melhor trabalhabilidade e, conseqüentemente, maior produtividade na execução do revestimento. Como vantagem refere-se a retenção de água, importante no desempenho da argamassa, relativo ao sistema alvenaria/revestimento, por não permitir a sucção excessiva de água pela alvenaria e o facto de ter capacidade de absorver deformações devido ao seu módulo de deformação, de extrema importância no desempenho da argamassa, que deve acompanhar as movimentações da estrutura. Outra vantagem é a diminuição da retracção gerando menor variação dimensional, além de carbonatar

lentamente ao longo do tempo, tamponando eventuais fissuras ocorridas no endurecimento, no caso de argamassa mista. Contudo tempos de presa e endurecimentos lento, menores valores de resistência mecânica, baixa coesão interna e elevada porosidade, torna-a susceptível à cristalização de sais e à degradação devido ao gelo-degelo [10,14,18].

b) Cais Hidráulicas

É o resultado da calcinação da pedra calcária mas ao contrário da cal aérea, esta é feita contendo entre 5% a 20% de argila e a cozedura a uma temperatura de 1000°C. O produto resultante designa-se por cal hidráulica e é um produto que endurece tanto na água como ao ar.

Dentro das cais hidráulicas temos as cais hidráulicas (HL) e hidráulicas naturais (NHL). Segundo a norma NP EN 459-1 as cais hidráulicas são definidas como “cais constituídas principalmente por hidróxido de cálcio, silicatos de cálcio e aluminatos de cálcio, produzidas pela mistura de materiais apropriados. Têm a propriedade de fazer presa e endurecer debaixo de água. O dióxido de carbono atmosférico contribui para o processo de endurecimento” enquanto que para as cais hidráulicas naturais vem definido como “cais produzidas por calcinação de calcários mais ou menos argilosos ou siliciosos com a redução a pó por extinção, com ou sem moagem. Todas as NHL têm a propriedade de fazer presa e endurecer debaixo de água. O dióxido de carbono atmosférico contribui para o processo de endurecimento.”

No que respeita à classificação, apresenta-se de seguida uma tabela 3.1 que estabelece os valores mínimos a respeitar. As cais aéreas são classificadas em função do teor de óxido de cálcio e magnésio (CaO e MgO), enquanto que as cais hidráulicas são classificadas em função da sua resistência à compressão aos 28 dias (valor característico mínimo, expresso em MPa).

Tabela 3.1 – Quadro de classificação dos tipos de cal de construção [16]

Designação	Notação
Cal cálcica 90	CL 90
Cal cálcica 80	CL 80
Cal cálcica 70	CL 70
Cal dolomítica 85	DL 85
Cal dolomítica 80	DL 80
Cal hidráulica 2	HL 2
Cal hidráulica 3,5	HL 3,5
Cal hidráulica 5	HL 5
Cal hidráulica natural 2	NHL 2
Cal hidráulica natural 3,5	NHL 3,5
Cal hidráulica natural 5	NHL 5
^a Em complemento, as cais aéreas são classificadas, de acordo com as suas condições de fornecimento, em cal viva (Q) ou cal hidratada (S). No caso particular de cais dolomíticas hidratadas, o grau de hidratação é identificado por S1:semi-hidratada, ou por S2: totalmente hidratada.	

As cais hidráulicas apresentam uma massa volumica mais baixa e menor resistência à compressão do que o cimento. No entanto têm vantagens de aplicação quando não lhes são exigidas resistências mecânicas elevadas, como acontece ao cimento, e essas aplicações poderão ser de revestimento, reboco e assentamento de alvenaria, visto terem a vantagem de ter melhor trabalhabilidade, proporcionarem um bom acabamento e apresentarem também boa aderência e menores variações volume que as argamassas feitas à base unicamente de cimento.

3.2.2.3. Cimentos

Segundo a norma NP EN 197-1:2001 [19] “o cimento é um ligante hidráulico, isto é, um material inorgânico finamente moído que, quando misturado com a água, forma uma pasta que ganha presa e endurece devido a reacções e processos de hidratação e que, depois de endurecida, conserva a sua resistência mecânica e estabilidade mesmo debaixo de água.”. É sem dúvida o ligante mais utilizado nas formulações de argamassas. Trata-se de um ligante hidráulico que resulta da cozedura do cru, mistura moída de calcário e argila normalmente com percentagens de 60% a 80% de calcário e o restante argila. A mistura é submetida a temperaturas entre os 1400°C a 1500°C a fim de se obter o clínquer. O processo final consiste na moagem muito fina do clínquer com adição de um regulador de presa, normalmente gesso, para controlar a presa (retardando-a) e outros aditivos (filler calcário, cinzas volantes, escórias) que dão origem a cimentos específicos [10,11].

Tal como foi dito a norma existente NP EN 197-1[19] regula os cimentos comuns (CEM) utilizados em Portugal tal como a norma NP 4326 [20] regulamenta os cimentos brancos (BR). No entanto, visto o trabalho tratar de argamassas em edifícios, torna-se necessário fazer referência à existência da norma NP EN 413-1:2006 (Cimentos de alvenaria – composição, especificações e critérios de conformidade) [21] que se refere a cimentos de alvenaria, onde inclui os requisitos físicos, mecânicos e químicos, e define classes de resistência. A norma define igualmente os critérios de conformidade e as regras associadas. Apresenta também os requisitos de durabilidade necessários. O cimento de alvenaria é designado pelo termo “MC” e pode ser de três classes de resistência (5 – 12,5 – 22,5) sendo o termo “X” usado por cimentos de alvenaria que não incluem um agente introdutor de ar. Exemplos de designação tipo: MC 12,5; MC 12,5X.

3.3. ADJUVANTES E ADIÇÕES

Apesar de não incidir neste campo a tese elaborada, achamos por bem fazer uma referência às mesmas, já que os adjuvantes e adições existentes poderem ser utilizados nas argamassas de alvenaria e de reboco.

O know-how adquirido na construção civil levou ao desenvolvimento de produtos, que em quantidades pequenas e bem homogeneizadas, tem o intuito de reforçar determinadas características específicas das argamassas em função da sua utilização.

De acordo com o Dicionário Técnico (EMOdic) [20], versão portuguesa, editado pela EMO – European Mortar Industry Organization baseado nas normas EN 13318 [21] e EN 998 [22], adjuvante

é todo o “material orgânico ou inorgânico adicionado em pequenas quantidades com o objectivo de modificar as propriedades da argamassa fresca ou endurecida.”, enquanto que adição é todo o “material inorgânico finamente dividido, que pode ser adicionado à argamassa com o objectivo de obter ou melhorar propriedades específicas.”

Pode-se considerar adjuvante como a substância utilizada em percentagem inferior a 5% da massa do cimento e que altera as propriedades da argamassa enquanto adições são substâncias adicionadas em percentagem superior a 5% da massa de cimento, ou quando efectuado em percentagem inferior não interfere no estado fluído, endurecido ou na transição [14].

3.3.1. TIPOS DE ADJUVANTES

- modificadores da reologia da massa fresca – que permitem alterar a consistência da massa, tais como:
 - plastificantes/redutores de água
 - introdutores de ar
 - plastificantes/redutores de ar
 - retentores de água
 - promotores de aderência/coesivos
- modificadores do tempo de presa – influenciam o tempo de presa e desenvolvem a resistência da argamassa durante o seu envelhecimento, tais como:
 - aceleradores de endurecimento
 - aceleradores de presa
 - retardadores de presa
- impermeabilizantes e hidrófugantes
- expansivos – actuam sobre a argamassa fresca sem afectar posteriormente a estabilidade da argamassa endurecida

3.3.2. TIPOS DE ADIÇÕES

- cargas (fillers) minerais
- pigmentos orgânicos
- materiais pozolânicos naturais
- cinzas volantes (central térmica)
- sílica de fumo
- escórias
- etc.

Esses produtos influenciam a trabalhabilidade, tempos de presa, as qualidades impermeabilizantes, aumento da resistência aos ciclos gelo-degelo, coloração, etc.

3.4. ÁGUA DE AMASSADURA

A qualidade da água de amassadura para o fabrico de argamassas impõe que deve ser isenta de quaisquer impurezas (argila, matéria orgânica), devendo de preferência ser potável, que não apresente cheiro nem sabor. A quantidade utilizada deve ser a mínima indispensável com o intuito de respeitar e permitir os requisitos exigidos às argamassas tais como a trabalhabilidade, tempos de presa, desenvolvimento da resistência da argamassa, etc. A NP EN 1008:2003 [22] regula a aptidão da água para o fabrico de betão, extensível às argamassas correntes.

4

ARGAMASSAS

4.1. DEFINIÇÃO E CONCEITOS

Chama-se argamassa à união de um ou mais ligantes (orgânicos ou inorgânicos) com agregados finos e água, e eventualmente adições e/ou adjuvantes.

As propriedades de determinada argamassa são, portanto, directamente influenciadas pelos materiais empregues na sua execução (bem como pela época em que as argamassas foram utilizadas). Estas propriedades são deveras relevantes para a utilização final da mesma.

Nessa ordem de ideias, uma argamassa ou um betão podem ser encarados como uma rocha artificial. Ou seja, um elemento que é composto por fracções de rocha aglomerados por um ligante, conferindo rigidez e forma ao conjunto.

É ainda de realçar que se deve considerar que os vazios existentes entre os agregados numa determinada argamassa (25 a 40% do volume total) estão preenchidos pela pasta do ligante, criando assim coesão entre as partículas.

Pelo exposto, as proporções dos vários materiais utilizados na elaboração de determinada argamassa e a mistura daí resultante deve ser homogénea e estar de acordo com o tipo de argamassa desejada. No seu estado inicial estes materiais ostentam boa plasticidade mas, quando a mistura endurece, apresentam rigidez, resistência e aderência.

4.2. CLASSIFICAÇÃO

As argamassas são classificadas a partir de três conceitos distintos, presentes nas normas EN 998-1:2003[23] e EN 998-2:2003[24], e recorrendo ao EMOdico[20] :

- Local de produção;
- Concepção;
- Propriedades e utilização.

Para auxiliar o desenvolvimento do sector das argamassas a European Mortar Industry Organization (EMO) elaborou o “Dicionário Técnico de Argamassas Europeias”, contendo os inúmeros tipos de argamassas disponíveis no mercado (só na Europa produzem-se mais de 100 tipos distintos), as suas características de aplicação e prestações finais. Este compêndio representa uma fulcral ferramenta de trabalho para o dia-a-dia do sector, bem como para estudos de normalização das argamassas, possibilitando aos diversos envolvidos, um conhecimento do mais aprofundado do tema e a terminologia específica.

As definições reportam-se às normas europeias (EN) ou internacionais (ISO).

4.2.1. CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O LOCAL DE PRODUÇÃO

As argamassas, segundo o local de produção, dividem-se em três grupos essenciais (e alguns subgrupos):

- Argamassas industriais – doseadas e misturadas em fabrica. Podem apresentar-se “em pó” (exigindo a junção de água) ou “em pasta” (pronta a utilizar).
- Argamassas industriais semi-acabadas – pré-doseadas, prontas a alterar em obra.
 - Argamassas pré-doseadas – cujos constituintes são doseados em fábrica e misturados em obra (segundo instruções do fabricante).
 - Argamassas pré-misturadas – cujos constituintes são doseados e misturados em fábrica (sendo-lhes adicionados posteriormente outros constituintes especificados e/ou fornecidos pelo fabricante).
- Argamassas tradicionais (executadas em obra) – compostas por constituintes fundamentais (ligantes, agregados, água,...) doseados e misturados em obra.

4.2.2. CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A CONCEPÇÃO

Segundo a concepção, as argamassas dividem-se em dois grupos essenciais:

- Argamassas de Desempenho – composição e processo de fabrico estipulado pelo fabricante, de forma a atingir determinadas propriedades.
- Argamassas de Formulação – composição pré-definida, porém as propriedades finais resultam da proporção dos constituintes.

4.2.3. CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO AS PROPRIEDADES E UTILIZAÇÃO

Segundo as propriedades e utilização, as argamassas estão dependentes da finalidade a que se destinam (rebocos, monomassas,...).

Em resumo:

Tabela 4.1 – Tabela resumo das classificações das argamassas

	Argamassas de Reboco exteriores e interiores [23]	Argamassas de Assentamento de alvenaria[24]
De acordo com o local de produção	- Reboco industrial; - Reboco industrial semi-acabado; - Reboco feito em obra.	- Argamassa industrial; - Argamassa industrial semi-acabada; - Argamassa feita em obra.
De acordo com a concepção	- Reboco de desempenho (ou de prestação); - Reboco de formulação.	- Argamassa de desempenho (ou de prestação); - Argamassa de formulação.
De acordo com as suas propriedades e utilização	- Reboco de uso geral (GP); - Reboco leve (LW); - Reboco colorido (CR); - Monomassa (OC); - Reboco de renovação (R); - Reboco de isolamento térmico (T).	- Argamassa de uso geral (G); - Argamassa de alvenaria em camada fina (T); - Argamassa leve (L).

Poder-se-á ainda classificar uma argamassa segundo outros parâmetros, tendo em conta o tipo de aplicação e tipo de ligante, e subsequentemente obter distintas denominações.

Segundo o tipo de aplicação, as argamassas dividem-se em cinco grupos essenciais. Para o presente trabalho as duas primeiras são as mais importantes [25]:

- Argamassas de alvenaria – empregues para a construção de muros e paredes (uso de tijolo ou bloco). Estas argamassas adquirem boa resistência e aderência e ainda boa capacidade de absorver movimentos derivados de tensões mecânicas, gradientes térmicos e humidade.
- Argamassas de reboco – empregues no revestimento de paredes e muros (com capacidade hidrófuga ou não) podendo ter diversos acabamentos ou serem pintadas, apresentando múltiplas cores e texturas. As argamassas de reboco podem ser as tradicionais ou monocamada (monomassa).
- Cimentos-cola – empregues para a colagem de elementos cerâmicos sobre um suporte, quer de reboco quer simplesmente sobre a parede ou pavimento. Estes produtos (resultantes da mistura

de ligantes hidráulicos, de cargas minerais e de aditivos orgânicos) devem ser directa e previamente amassados com água ou com o líquido da amassadura, antes da aplicação.

- Massas para juntas – empregues para o preenchimento de juntas entre os elementos dos revestimentos, podendo ter funções estéticas (com diferentes tonalidades) ou funcionais (com propriedades impermeabilizantes).

Estes produtos têm em consideração as tensões normais entre os diversos elementos construtivos, confluindo para a mitigação das mesmas. Mais ainda, muitas das propriedades destes produtos são influenciadas pelo ligante utilizado e correspondente composição química.

- Argamassas de suporte para pavimentos – empregues na regularização e nivelamento de pavimentos, podendo ser utilizadas em múltiplas soluções de pavimentos (azulejo, pavimento flutuante,...); a sua condição básica é ter elevada resistência à compressão (resultante do uso de cal e fundamentalmente cimento).

Segundo o pretendido, isto é, o fim a que se destinam, existem inúmeras soluções de ligantes empregues. Por conseguinte tem-se [11]:

- Argamassas aéreas – de gesso ou cal aérea que apenas endurecem ao ar pelo que devem ser utilizadas em revestimentos interiores
- Argamassas hidráulicas – de cal hidráulica ou cimento que endurecem ao ar e em contacto com a água
- Argamassas pozolânicas, de cimento aluminoso, de cimento de alta resistência, etc
- Argamassas mistas ou bastardas – quando existem misturas de ligantes.

4.3. FUNÇÕES E PROPRIEDADES

As argamassas têm as funções interligadas aos fins a que se destinam e o mesmo se aplica à sua classificação que é fundamentada na aplicação das mesmas.

Neste contexto, as funções possíveis são de seguida especificadas:

- União de elementos de alvenaria e auxílio à resistência dos esforços horizontais que surgem em paredes (flexão e corte – motivado pelo vento; paralelos ou perpendiculares – ao plano das paredes).
- Absorção de certas deformações que a alvenaria ou juntas sofrem naturalmente.
- Acabamento de tectos e paredes (rebocos), regularização de pavimentos (betonilhas), reparação de obras (betão, reabilitação,...).

No âmbito do trabalho apresentam-se de seguida as propriedades que definem as características e os métodos de ensaio das argamassas, tanto no estado fresco como endurecido, presentes na norma EN 998-1:2003 [23] referentes a argamassas de reboco interior e exterior e à norma EN 998-2:2003 [24] referente a argamassas de assentamento.

4.3.1. ARGAMASSAS DE REBOCO EM PASTA

Apresenta-se sob a forma de quadro, os requisitos da norma para as propriedades das argamassas em pasta e respectivas normas de ensaio.

Tabela 4.2 – Requisitos para as propriedades do produto em pasta

Propriedades	Normas de ensaio	Tipos de reboco					
		Uso geral GP	Leve LW	Colorido CR	Monomassa OC	Renovação R	Isol. Térm. T
Tempo aberto (min)	EN 1015-9	= Valor declarado					
		Apenas em rebocos que contenham aditivos para controlar a presa. Por exemplo rebocos estabilizados.					
Ar contido (%)	EN 1015-7	Intervalo de valores declarados					
		Apenas em rebocos em que seja relevante para o fim em uso. Por exemplo para rebocos projectados.					

4.3.2. ARGAMASSAS DE REBOCO ENDURECIDO

Os diferentes campos de utilização e as diferentes condições de exposição requerem rebocos com diferentes propriedades e níveis de desempenho. Resistência mecânica, absorção de água e condutividade térmica são as três propriedades descritas na norma e os seus valores.

Tabela 4.3 – Classificação para as propriedades do produto endurecido

Propriedades	Categorias	Valores
Resistência à compressão a 28 dias	CS I	0.4 a 2.5 N/mm ²
	CS II	1.5 a 5.0 N/mm ²
	CS III	3.5 a 7.5 N/mm ²
	CS IV	= 6 N/mm ²
Absorção de água por capilaridade	W 0	Não especificado
	W 1	c = 0.40 kg/(m ² .min ^{0.5})
	W 2	c = 0.20 kg/(m ² .min ^{0.5})
Condutividade Térmica	T 1	= 0.1 W/m.K
	T 2	= 0.2 W/m.K

A norma também referencia os diferentes requisitos para os diferentes tipos de reboco.

Tabela 4.4 – Requisitos para as propriedades do produto endurecido e respectiva norma de ensaio

Propriedades	Normas de ensaio	Tipos de reboco					
		Uso geral GP	Leve LW	Colorido CR	Monomassa OC	Renovação R	Isol. Térm. T
Massa volúmica (kg/m³)	EN 1015-10	Intervalo de valores declarados	Intervalo de valores declarados =1300	Intervalo de valores declarados			
Resistência à compressão (categorias)	EN 1015-11	CS I a CS IV	CS I a CS III	CS I até CS IV		CS II	CS I até CS II
Aderência (N/mm²) e tipo de fractura (A, B, C)	EN 1015-12	= Valor declarado e tipo de fractura			-	= Valor declarado e tipo de fractura	
Aderência após ciclos de cura (N/mm²) e tipo de fractura (A, B, C)	EN 1015-21	-			Valor declarado e tipo de fractura	-	
Absorção de água por capilaridade (categorias) apenas rebocos exteriores	EN 1015-18	W0 até W2			W1 até W2	=0,3kg/m² após 24h	W1
Penetração de água após ensaio de capilaridade (mm)	EN 1015-18	-				= 5 mm	-
Permeabilidade à água, após ciclos cura, (ml/cm² após 48h)	EN 1015-21	-			= 1 ml/cm² após 48h	-	
Coefficiente de permeabilidade ao vapor de água (μ) apenas rebocos exteriores	NP EN 1015-19	= Valor declarado				=15	
Condutividade térmica (W/m.K)	EN 1745 Tabela A.12	Valor tabelado					-
	EN 1745 Ponto 4.2.2	-					T1: = 0.10 T2: = 0.20
Reacção ao fogo (classe)	NP EN 13501-1	Classe declarada: <ul style="list-style-type: none"> Rebocos, com % em massa ou em volume (a que for mais elevada) de matéria orgânica inferior a 1%, podem ser classificados como classe A1, sem necessidade de efectuar qualquer teste. Rebocos, com % em massa ou em volume (a que for mais elevada) de matéria orgânica superior a 1%, devem ser classificados de acordo com NP EN 13501-1 e declarada a respectiva classe de reacção ao fogo. 					
Durabilidade		Não há requisitos prescritos para a durabilidade excepto para as monomassas, nas quais, a aderência e a permeabilidade à água após ciclos de cura, têm que ser avaliados.					

4.3.3. ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO DE ALVENARIA EM PÓ

Apresenta-se na tabela seguinte a relação entre a máxima dimensão do grão, com o requisito para as propriedades do produto em pó, e respectivas normas de ensaio:

Tabela 4.5 – Requisitos para as propriedades do produto em pó e respectiva norma de ensaio

Propriedades	Normas de ensaio	Tipos de argamassa		
		Uso geral G	Camada fina T	Leve L
Dimensão máx. de grão (mm)	EN 1015-1	-	Valor declarado (não pode exceder 2 mm)	-

4.3.4. ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO DE ALVENARIA EM PASTA

Apresentam-se na tabela seguinte os requisitos para definição das propriedades do produto fresco e respectivas normas de ensaio:

Tabela 4.6 – Requisitos para as propriedades do produto fresco e respectivas normas de ensaio

Propriedades	Normas de ensaio	Tipos de argamassa		
		Uso geral G	Camada fina T	Leve L
Tempo aberto (min)	EN 1015-9	= Valor declarado		
Teor em cloretos (%)	EN 1015-17	= Valor declarado (não pode exceder 0.1%) Apenas nas argamassas em que seja relevante para o fim em uso.		
Ar contido (%)	EN 1015-7	Intervalo de valores declarados Apenas nas argamassas em que seja relevante para o fim em uso.		
Tempo de correcção (min)	EN 1015-9	-	> Valor declarado	-

4.3.5. ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO DE ALVENARIA ENDURECIDA

Apresentam-se na tabela 4.7 as propriedades das argamassas de assentamento endurecidas:

Tabela 4.7 – Requisitos para as propriedades do produto endurecido e respectiva norma de ensaio

Propriedades	Normas de ensaio	Tipos de argamassa		
		Uso geral G	Camada fina T	Leve L
Resistência à compressão (classe)	EN 1015-11	M1 a Md (ver tabela 8) Para as argamassas de desempenho. A resistência à compressão terá que ser superior à classe declarada.		
Resistência ao cisalhamento (<i>bond strength</i>) (N/mm ²)	EN 1052-3	= Valor declarado Para argamassas de desempenho a serem utilizadas em elementos sujeitos a requisitos estruturais.		
	EN 998-2 Anexo C	Valor tabelado Para argamassas de desempenho a serem utilizadas em elementos sujeitos a requisitos estruturais.		
Absorção de água (kg/(m ² .min ^{0.5}))	EN 1015-18	= Valor declarado Para argamassas a serem utilizadas em exteriores com exposição directa (ex: paredes de tijolo face à vista).		
Coefficiente de permeabilidade ao vapor de água (μ)	EN 1745	Valor tabelado Para argamassas a serem utilizadas em exteriores com exposição directa (ex: paredes de tijolo face à vista).		
Massa volúmica (kg/m ³)	EN 1015-10	Intervalo declarado Apenas nas argamassas em que seja relevante para o fim em uso.	Intervalo declarado = 1300	
Condutividade térmica (W/m.K)	EN 1745 Tabela A.12	Valor tabelado Para argamassas a serem utilizadas em elementos sujeitos a requisitos térmicos.		
	EN 1745 Ponto 4.2.2	<Valor declarado Para argamassas a serem utilizadas em elementos sujeitos a requisitos térmicos, especialmente no caso das argamassas leves.		
Reacção ao fogo (classe)	NP EN 13501-1	Classe declarada: <ul style="list-style-type: none">Argamassas, com % em massa ou em volume (a que for mais elevada) de matéria orgânica inferior a 1%, podem ser classificados como classe A1, sem necessidade de efectuar qualquer teste.Argamassas, com % em massa ou em volume (a que for mais elevada) de matéria orgânica superior a 1%, devem ser classificados de acordo com NP EN 13501-1 e declarada a respectiva classe de reacção ao fogo.		
Durabilidade		Não há requisitos prescritos para a durabilidade, podem ser avaliados com base na legislação nacional (se existir).		

No que se refere as resistências à compressão, a norma define que esta seja declarada de acordo com a seguinte tabela, onde a resistência vem designada pela letra “M” seguida do valor da resistência à compressão mínima aos 28 dias, expressa em MPa.

Tabela 4.8 – Classes de resistência à compressão

Classe	M 1	M 2.5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistência à compressão N/mm ²	1	2.5	5	10	15	20	d
d é a resistência à compressão, superior a 25 N/mm ² , declarada pelo fabricante							

4.4. APLICAÇÃO DE ARGAMASSAS

Relativamente às tecnologias de execução e aplicação de argamassas, devem-se consultar as Fichas Técnicas e as Fichas de Segurança dos produtos em causa, caso se trate de argamassas prontas, respeitando as prescrições impostas nos Cadernos de Encargos das obras em questão. No entanto, existe uma série de informações gerais, tal como:

4.4.1. PREPARAÇÃO DOS SUPORTES [4,]

De uma maneira geral os suportes convencionais de uma argamassa de reboco são o betão armado e a alvenaria de tijolos ou blocos, quer cerâmicos quer de argamassa por exemplo. Esses suportes devem respeitar uma série de características que contribuam para um óptimo desempenho funcional e estético do reboco tais como:

- Compatibilidade – interacção química e mecânica entre o suporte e o revestimento a fim de haver uma perfeita aderência entre ambos
- Estabilidade – evitar que o suporte se deforme. Deformações excessivas do suporte, devido a deslocamentos diferenciados da estrutura ou retracções devido a secagem, no caso de construção nova, devem ser tidos em conta, de maneira a minimizar o aparecimento de fissuração no revestimento.
- Limpeza – para garantir uma eficaz aderência entre o suporte e o revestimento, o suporte deverá estar isento de poeiras, produtos de desmoldagem, gorduras ou outro tipo de materiais que impeçam a perfeita aderência; para o efeito deverá, sempre que necessário, proceder-se à sua limpeza.
- Planura – os desníveis devem ser mínimos e nunca os disfarçando à custa de uma espessura excessiva de argamassa de revestimento.
- Rugosidade – deve ser suficiente para que se desenvolva uma boa aderência entre o suporte e o revestimento. No caso de aplicações manuais de argamassas de revestimento é comum o recurso ao chapisco, a fim de se criar uma superfície rugosa com boa capacidade de aderência ao suporte e possibilitar que posteriormente se proceda a execução do reboco. No caso de aplicação de argamassas mecanicamente projectadas, dispensa-se muitas vezes esse procedimento.
- Porosidade – é importante o suporte apresentar alguma porosidade que possibilite a aderência da argamassa pelo que, muitas vezes, se recorre ao chapisco para compensar a falta de porosidade do suporte.
- Absorção de água – não deve ser exagerada, para evitar a secagem demasiado rápida da argamassa e consequente esfarelamento da mesma.
- Humidade – o suporte deve apresentar-se húmido; caso esteja seco deve proceder-se à sua molhagem. A quantidade de água a utilizar dependerá do tipo de suporte, da argamassa a usar e das condições climatéricas da altura.

As boas condições de um suporte devem propiciar uma aderência tal que tenha influência nas funções mecânicas e estéticas da argamassa de reboco.

4.4.2. EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS PARA MISTURA E APLICAÇÃO [4,11]

A produção de argamassas advém da mistura ordenada e proporcional dos seus materiais constituintes, executada durante um determinado período de tempo, utilizando-se equipamentos específicos para esse fim. A amassadura deve ser efectuada mecanicamente, e ser feita o mais reprodutível possível com o intuito de se obter uma argamassa homogênea e consistente.

Em argamassas tradicionais é necessário a mistura e amassadura das matérias-primas que se encontram em obra, utilizando-se geralmente a betoneira. No caso de argamassas industriais, fornecida em sacos ou em silos, muitas vezes só é preciso juntar água na quantidade referida pelo fabricante. Na que é fornecida em saco normalmente é necessário colocar a quantidade específica de material, em equipamentos com pré-amassadura do produto, ao qual se junta certa quantidade de água pré-estipulada pelo fabricante. Por último, na argamassa fornecida em silos usa-se normalmente um equipamento com doseamento automático da água, que permite um ajuste da quantidade de água introduzida na mistura, de acordo com a trabalhabilidade pretendida.

No que se refere à aplicação das argamassas, tanto pode ser feita de forma manual como projectada.

Geralmente, a aplicação manual, é usual ser efectuada com recurso a uma colher de pedreiro e a uma talocha. Na aplicação projectada recorre-se a uma máquina de projectar constituída por um fuso, mangueira e um bico para projecção.

Independentemente do tipo de argamassa utilizado e do método de aplicação deve efectuar-se após a aplicação umas operações de nivelamento e aperto da mesma para se obter um óptimo desempenho mecânico da argamassa.

4.5. ESCOLHA DO TIPO DE ARGAMASSAS DE REBOCO

Pode-se classificar a argamassa de reboco em função do número de camadas:

- Camada única, monocamada, que se designa por monomassa. São revestimentos mais associados a argamassas pré-doseadas constituídas, para além dos materiais habituais usados nas argamassas tradicionais, ligantes hidráulicos e areias seleccionadas, pela incorporação de aditivos/adjuvantes que lhes conferem propriedades que as distinguem das argamassas tradicionais. As monomassas têm que cumprir a dupla função de regularização e acabamento final visto ser de uma só camada.
- Duas camadas, denominadas emboço e reboco. São a forma tradicional de rebocar com recurso a argamassas tradicionais ou industriais. Enquanto que a camada de emboço tem por função a regularização da base, (antes da sua aplicação deve proceder-se à humificação leve e uniforme do suporte, a camada deve ser apertada enérgica e uniformemente com a talocha mas não demasiado alisada para que a leitada de cimento não apareça à superfície, criando fonte de fendilhação), o reboco é uma camada de acabamento pelo que só deve ser aplicada uma a duas semanas após a aplicação da primeira camada (emboço). Para tal deve-se novamente humidificar leve e uniformemente a camada de suporte. A camada de acabamento, por exemplo uma pintura, destina-se a proteger as camadas inferiores e conferir um acabamento estético aceitável e desejável. É de mencionar que, segundo diversos autores, a exigência de impermeabilização imposta aos rebocos leva a que estes sejam suficientes para constituir uma barreira à penetração de água, tenham baixa capilaridade e sejam pouco susceptíveis de fendilhar, no entanto eles também não devem ser muito

espessos. É necessário que, à medida que se avança, com chapisco, emboço e reboco, a quantidade de ligante em cada camada vá decrescendo para permitir que a quantidade de água que penetre através do revestimento não atinja demasiado o suporte e que a microfissuração que ocorre inevitavelmente em cada camada não tenha correspondência com a camada seguinte, seja menos significativa, visto que com menos ligante há menos retracção de uma argamassa.

Em ambos os casos pode-se recorrer inicialmente ao chamado chapisco para se obter uma óptima aderência entre o suporte e o reboco, como referido atrás na preparação dos suportes, na rugosidade e porosidade. Tem por finalidade permitir uma óptima aderência entre o suporte e reboco pelo que a argamassa deve ser lançada vigorosamente à mão (com a colher) ou mecanicamente, de modo a constituir uma camada descontínua de espessura delgada, irregular e rugosa com máximos variando entre os 3 e os 5 mm. Deve ainda assegurar-se a limpeza e humedecimento do suporte antes da aplicação. A quantidade de água de amassadura dependerá do tipo de chapisco, do poder de absorção do suporte e das condições atmosféricas. Deve-se molhar periodicamente o chapisco para evitar a dissecação prematura do mesmo, mas não se deve alisá-lo. Apresenta-se de seguida a figura que ilustra os dois tipos de reboco.

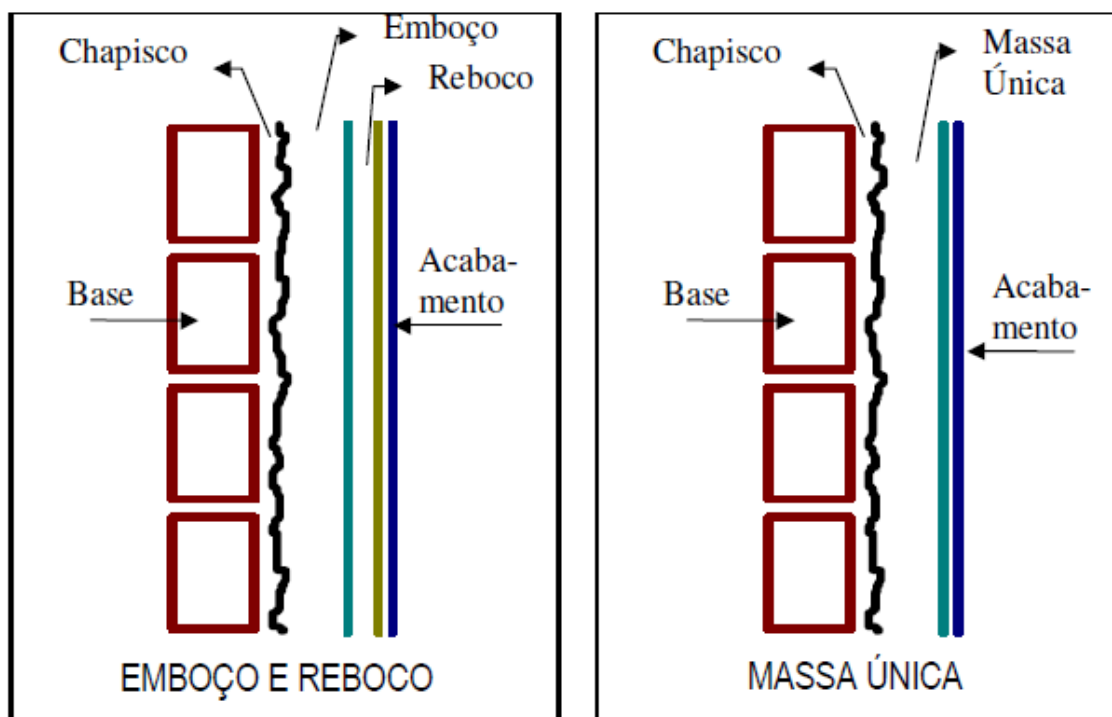


Figura 1 – Esquema da diferença entre emboço e reboco e monocamada

Ambos os casos têm vantagens e desvantagens [4,11,26]:

- Camada única – Tem a vantagem de ser uma aplicação única com menor tempo de execução, bom rendimento de mão-de-obra, maior deformabilidade do reboco e apresentar função técnica e estética num só revestimento. Muitas vezes apresenta como desvantagem a falta de formação devidamente especializada nas empresas de aplicação, a questão da durabilidade e o aspecto final com manifesta tendência para o acumular de sujidades ocasionado pela escorrência de água.
- Duas camadas – Tem a vantagem de ser um sistema desde há muito utilizado e se obter uma maior facilidade na homogeneidade do revestimento final. Tem a desvantagem de ser uma aplicação de mais que uma camada, com mais gastos em mão-de-obra e material e mais tempo afecto à realização do mesmo.

4.6. CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO

As condições atmosféricas têm extrema importância na aplicação de argamassas. Dependendo do grau de exposição esses agentes atmosféricos poderão afectar negativamente algumas propriedades das argamassas tais como aderência ao suporte, resistência à fendilhação, durabilidade, retracção, etc.

Deve evitar-se ou ter especial cuidado com a aplicação de argamassas, assentamento e revestimento, com:

- Temperaturas baixas – corre-se o risco de aparecimento de manchas esbranquiçadas na superfície, carbonatação, que alteram o aspecto estético mas não o técnico. Carbonatação acontece quando a argamassa não endurece correctamente, isto é, quando seca muito devagar o que possibilita que os sais não fiquem no seu interior e que se depositem na superfície. É recomendado não aplicar rebocos com temperaturas inferiores a 5°C , humidade elevada e risco de chuva ou neve.
- Temperaturas altas – torna-se ainda mais difícil do que com temperaturas baixas pois endurecerem mais rapidamente dispondo-se de menos tempo para trabalhar. Os suportes, além de quentes estão secos, muitos absorventes devendo-se proceder a uma humedificação para evitar que a água da argamassa seja rapidamente absorvida e evaporada, privando a argamassa de uma presa normal, podendo causar fissuração e desagregação. Especial atenção a superfícies em fase de endurecimento, em dias quentes e soalheiros, que devem ser humedecidas no final do dia uma vez que o choque térmico pode provocar a sua fissuração. Não é recomendada a aplicação de rebocos com temperaturas superiores a 35°C.
- Vento – se for um vento húmido ou frio propicia os efeitos descritos em temperaturas baixas, se for quente e seco idem para as temperaturas altas.

4.7. BASES DE SELECÇÃO DE PRODUTOS

Dependendo do local de exposição e do tipo de acabamento que se pretende, as características mínimas a exigir às argamassas, segundo as classes de resistência e coeficiente de capilaridade definidos pela norma europeia EN 998-1:2003 [23] que vêm recomendadas num trabalho da APFAC [26] são:

Tabela 4.9 – Recomendações sobre as características das argamassas segundo a aplicação e acabamento

APLICAÇÕES	AMBIENTE DE APLICAÇÃO	TIPOS DE ACABAMENTOS	CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO EN 998-1
Rebocos	Interior	Estanhado	CSI W0 CSII W0
		Camada de Acabamento Areado	CSII W0
		Areado Directo	CSIII W0
		Colagem de Cerâmicos	CSIV W0
	Exterior	Camada de Acabamento Areado	CSII W1
		Areado Directo	CSIII W1
		Colagem ou Fixação Mecânica de Cerâmicos ou Rochas Ornamentais	CSIV W1
Monomassas	Exterior	diversas texturas	CSIII W2 CSIV W2

5

ARGAMASSAS TRADICIONAIS VS. ARGAMASSAS INDUSTRIAIS

5.1. INTRODUÇÃO

As argamassas tradicionais são preparadas em obra enquanto que as industriais, fabris, são preparadas numa unidade fabril (desde a década de 60 na Europa Central e 80 em Portugal por intermédio dos cimentos cola). Este ramo das argamassas tem tido, durante todo o séc. XX, um crescimento constante e gradual, devido, por um lado, à crescente criação de empresas, umas já líderes de mercado no sector dos materiais de construção, outras de pequena dimensão, que alteraram as técnicas tradicionais com que operavam, adoptando novas tecnologias.

Por outro lado, o desenvolvimento científico na área da construção civil deu origem ao aparecimento contínuo de novas técnicas e tecnologias de construção e ao aprofundar de conhecimentos dos materiais, à consciencialização da necessidade de conforto e higiene da habitação.

Para além disso, ou por tudo o previamente referido, o mercado tornou-se fortemente concorrencial, suscitando uma nova perspectiva sobre o uso de argamassas industriais e as suas finalidades.

Nesta ordem de ideias, até inícios do séc. XX as construções eram levadas a cabo com o auxílio de processos tradicionais: empíricos, fazendo uso de soluções simples, com o conhecimento dos materiais locais e utilizando materiais recorrentes e ainda com o conhecimento das condições climáticas locais. Estas metodologias ofereciam bons resultados: no entanto os processos migratórios do século passado tiveram um efeito nefasto neste sector influenciando a cadeia de transmissão de conhecimentos tradicionais. Concomitantemente com o *boom* do sector da construção surge a necessidade de novos materiais, técnicas e processos construtivos.

Nos dias de hoje a utilização de argamassas tradicionais pode acarretar inúmeros problemas/patologias, devido a:

- Matérias-primas em obra muitas vezes em condições inaceitáveis e inadequadas utilizações
- Erros grosseiros na medição das quantidades e das proporções nas argamassas
- Na maioria das vezes a formulação depende do operador
- Argamassas muito heterogéneas
- Inviável uso adequado de adições
- Preparação exige algum espaço
- Incompatibilidade entre componentes da argamassa ou demais materiais construtivos.

Tem-se feito sentir um crescendo de relevância no subsector das argamassas industriais e estes produtos têm sofrido uma forte evolução tecnológica e consequentemente melhoria na qualidade do produto final, devido a:

- Utilização de matérias-primas adequadas
- Melhor aproveitamento do espaço disponível
- Fabrico rigoroso, com registos
- Cumprimento de normas
- Propriedades consistentes
- Possibilidade de erro humano menos frequente
- Existência de ficha técnica e ficha de segurança
- Melhor controlo da operação
- Mistura com aditivos pré-doseada

5.2. SITUAÇÃO ACTUAL

Actualmente em Portugal, apesar do desenvolvimento do mercado que tem vindo a ocorrer na última década, o ramo das argamassas elaboradas em obra representa ainda (aproximadamente) 78% da produção total (que é estimada em 3 600 000 toneladas/ano). O quantitativo remanescente (22%) corresponde à produção de argamassas industriais, como a seguir explicitado.

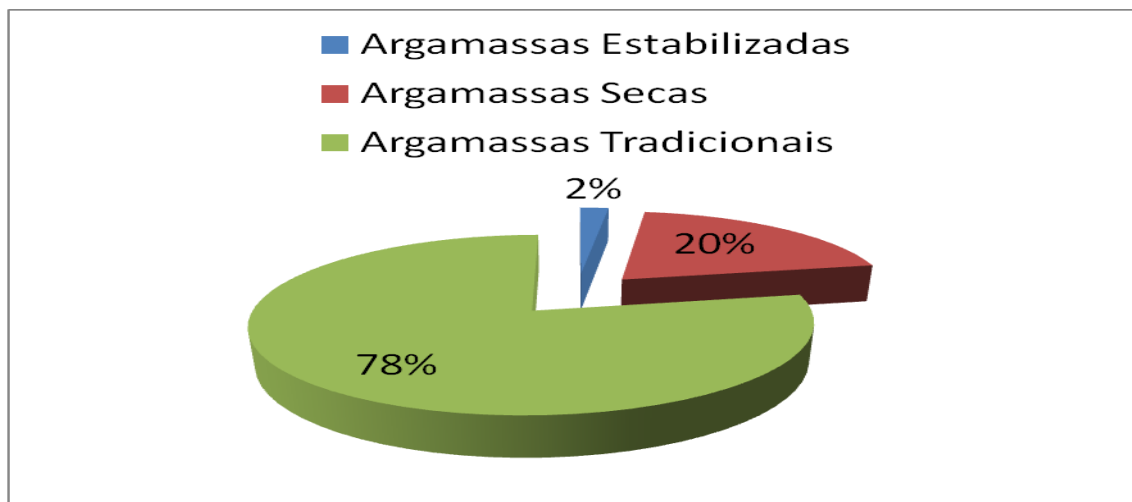


Figura 5.1 – Distribuição da produção nacional de argamassas [5]

Examinando o sector das argamassas industriais constata-se que este é constituído maioritariamente pelas argamassas secas (91%). As argamassas fabris dividem-se em argamassas secas ou prontas a amassar, realização da mistura nas proporções devidas na fabrica e posterior embalagem e fornecidos à obra, e argamassas estabilizadas ou prontas a aplicar que diferem das anteriores por serem já amassadas com água em fabrica e fornecidas à obra em camião cisterna a utilizar, normalmente dependendo do aditivo estabilizador, até 36 horas após o seu fabrico.

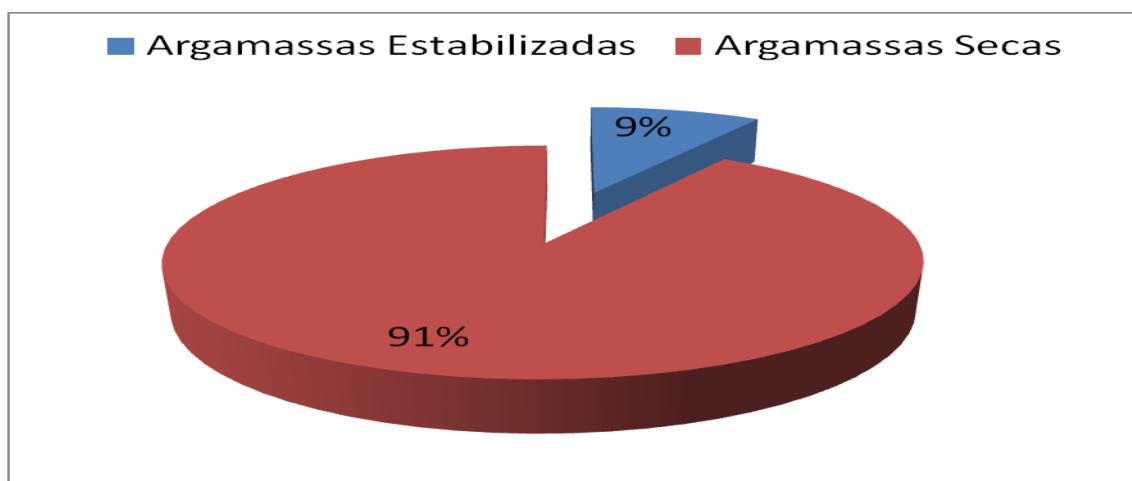


Figura 5.2 – Distribuição da produção nacional de argamassas industriais [6]

No nosso mercado interno a produção de argamassas secas tem sofrido um claro incremento. Todavia, esta evolução foi levada a cabo de forma sustentada, de modo a acompanhar as necessidades do consumidor final e as evoluções tecnológicas dos produtos em si. As empresas do sector já existentes têm vindo a aumentar o seu capital e têm igualmente surgido novas empresas.

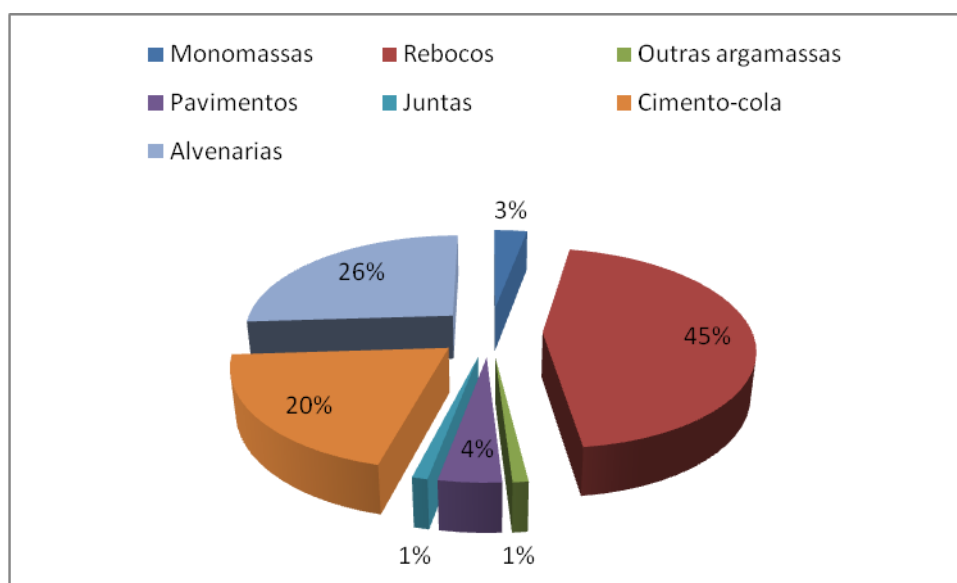


Figura 5.3 – Distribuição da produção nacional de argamassas secas [5]

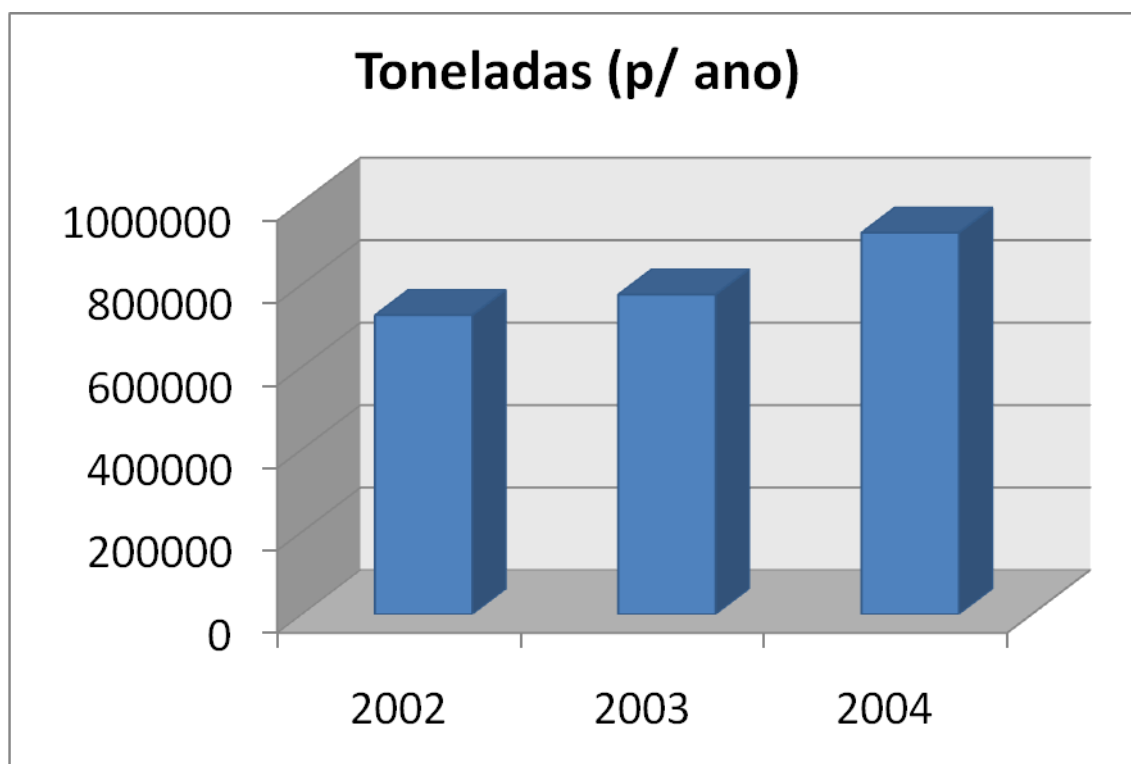


Figura 5.4 – Crescimento de produção de argamassas entre 2002-2004 [6]

Em suma, tem vindo a efectivar-se uma aglomeração da produção em unidades de maior dimensão, com os consequentes ganhos económicos e qualitativos.

Segundo a EMO, a capitação portuguesa de argamassas industriais é de aproximadamente 100 kg/habitante, assumindo portanto (em comparação com demais países europeus) uma elevada capitação.

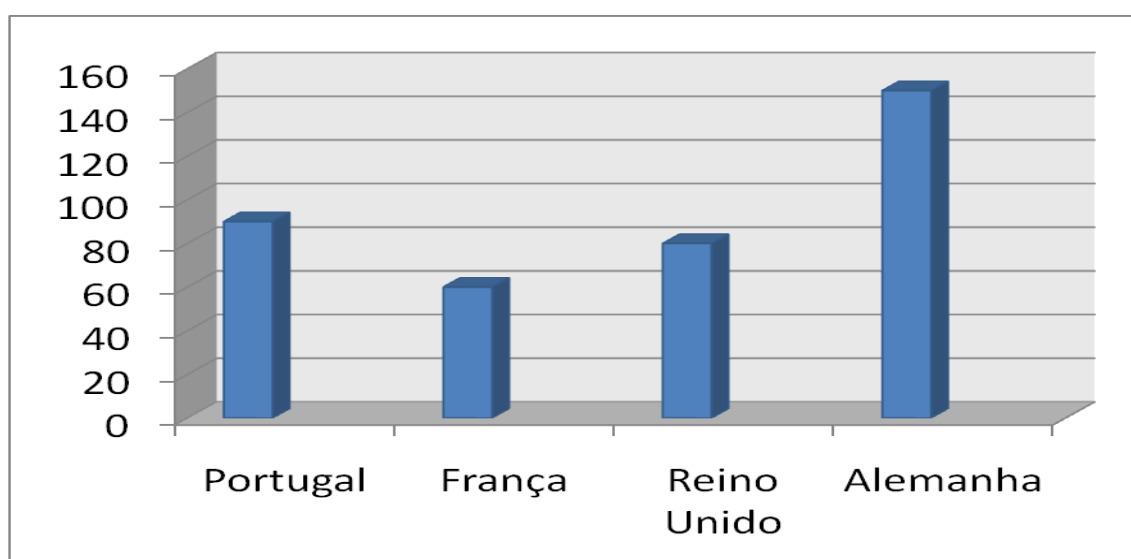


Figura 5.5 – Capitação de argamassas fabris (kg/habitante) [6]

5.3. TENDÊNCIAS

Apresenta-se na figura 5.6, uma previsão da evolução da utilização de argamassas industriais/tradicionais e da realização de construção nova/reabilitação.

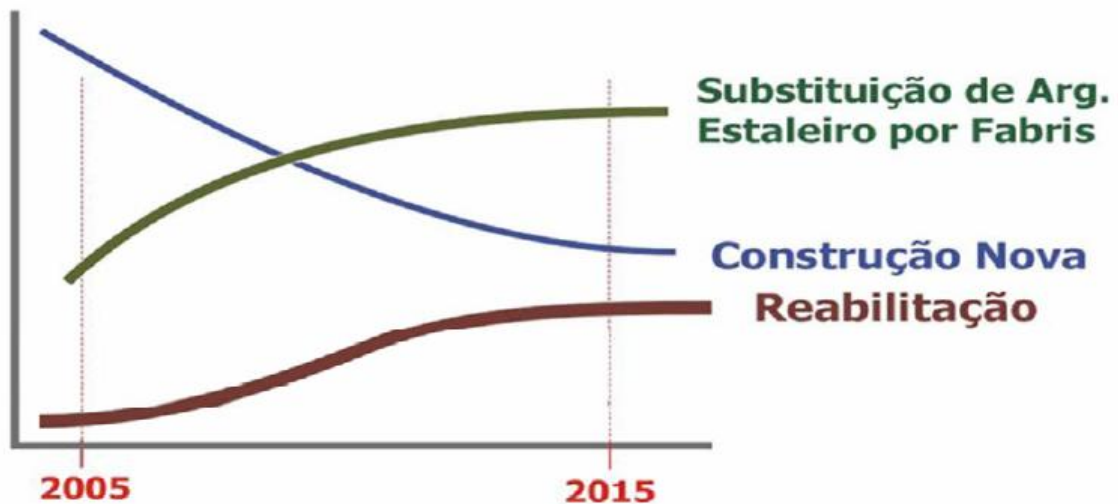


Figura 5.6 – Previsão de evolução

Face ao exposto, é absolutamente natural esta tendência, cada vez maior, de substituição de argamassas de estaleiro pelas fabris. Face à conjuntura actual é de prever a contínua quebra nas argamassas de estaleiro. Por outro lado está a assistir-se a um continuo aumento no investimento em reabilitação que, de acordo com a EUROCONSTRUC-DAEI, o investimento médio em reabilitação na União Europeia e em 1995, já representava 33% do sector de construção, acima dos 26% correspondentes a construções novas. É de referenciar que em alguns países da União Europeia o valor do investimento em reabilitação ultrapassa os 40%, enquanto em Portugal se assiste a um abismo entre os 26% de investimento na construção nova e os 6% de investimento na reabilitação; contudo, é ponto assente que, a tendência é de crescimento e investimento em reabilitação [14].

Esta tendência poderá ser explicada por:

- Parque habitacional cada vez mais envelhecido,
- Necessidade de manutenção do parque existente, já de si muito degradado, devido à incúria e desleixo pela não sensibilidade de manutenção
- Reabilitação dos centros urbanos para futura captação de gente em detrimento da procura de habitação nova, na maior parte dos casos, nos arredores das cidades, face ao crescente despovoamento dos centros,
- A existência de problemas de funcionamento e de patologias na construção.

5.4. PATOLOGIAS

Durante muito tempo, assistiu-se a um desleixo na manutenção a efectuar periodicamente numa construção, havendo a falsa ideia que ela seria eterna. A ocorrência cada vez maior de problemas

patológicos mostrou que, na realidade, era necessário proceder a manutenção. O problema patológico acontece quando o desempenho do produto ultrapassa o seu limite mínimo de desempenho desejado.

Devido à falta de formação, ausência de informação técnica, inexistência de um sistema efectivo de garantias e de seguros, à velocidade exigida ao processo de construção, à aplicação de novos materiais, a inexistência, em muitos casos na equipa de projectos, de especialistas em física das construções, pode ser a causa de muitos dos problemas generalizados ou pontuais, que depois aparecem na construção e, por si só, dão uma conotação extremamente negativa ao todo da construção.

As patologias das argamassas podem ser classificadas, de acordo com a sua origem, em [14]:

- Congénitas – originárias durante a fase de projecto.
- Construtivas – relacionadas com o decorrer da execução da obra, devido a utilização de mão-de-obra não especializada e ou uso de produtos não controlados.
- Adquiridas – fruto da agressividade do meio ambiente ou da acção humana, durante a vida útil das argamassas, no decurso da exposição,
- Acidentais – são caracterizadas por um acontecimento anómalo, atípico, que irá ter efeito nas argamassas.

Ou de acordo com o material. Segundo estas, as patologias podem ser classificadas como exógenas e endógenas, quando as causas são respectivamente externas ou internas ao produto.

No caso dos revestimentos de argamassas, as patologias mais frequentes são:

- Fissuração e o descolamento da pintura
- Formação de manchas de humidade
- Destacamento da argamassa de revestimento da alvenaria
- Fissuração da superfície do revestimento
- Destacamento por falta de aderência entre o reboco e o emboço
- Escorrências
- Sujidade
- Diferentes tonalidades
- Colonização biológica

Existem estudos que revelam uma incidência de 34 a 36% de manchas em paredes rebocadas, com manifestação diversa, só ultrapassada pela ocorrência de fissuração (diferencial ou por retracção), com valores na ordem de 43 a 48% [27].

Mostra-se ser oportuno a inserção da tabela 5.1 [26] que apresenta de uma maneira muito sucinta as patologias segundo o critério de exposição:

Tabela 5.1 – Patologias segundo a exposição

Patologias	Devidas a erros de:	Exemplos:
Exógenas à Argamassa	Prescrição	Reboco para interior usado no exterior.
	Preparação dos Suportes	Betão com vestígios de óleos. Suporte com material solto. Suporte demasiado quente, absorvendo água de amassadura, desequilibrando a argamassa.
	Aplicação	Temperatura elevada, vento. Água de amassadura desproporcionada (em excesso ou escassa) ou contaminada. Aplicação de espessura excessiva ou reduzida. Não utilização de redes (panos esbeltos, zonas de transição entre materiais), cantoneiras de reforço, etc.
	Fenómenos diversos	Vibrações, sismos. Ausência ou insuficiência de juntas. Cedência de fundações. Movimentos estruturais do edifício. Presença indevida de água na construção (terraços, paredes duplas). Humidade ascensional.
Endógenas à Argamassa	Produto defeituoso	Má formulação (origina retracção por excesso de cimento), mistura incompleta Segregação durante o transporte (granel). Embalagem deficiente. Sem instruções de aplicação ou com instruções incompletas. Produto fora de prazo.

E de outra, tabela 5.2 [14] onde se apresenta as patologias mais relevantes para o revestimento de reboco industrial:

Tabela 5.2 – Patologias e causas possíveis em rebocos industriais

Sintomas	Causas	Observações
Fissuração generalizada, sem orientação preferencial e de pequena largura (mapeada)	Retração de secagem inicial (menor retração e maior deformabilidade do que os rebocos tradicionais)	
	Erros na execução / aplicação	Aplicação em condições muito secas (calor, ventos seco, suporte muito absorvente) sem preocupações.
		Deficiente cura
		Adição de ligante
		Aplicação em camadas de espessura exagerada
		Excesso de água na amassura
Fissuração com orientação horizontal, nas zonas de assentamento	Expansão da argamassa das juntas de assentamento, pela acção dos sulfatos contidos nos tijolos, blocos ou nas argamassa ou introduzidas pela água	
Fissuração de traçado contínuo ao longo das junções de materiais de suporte diferentes	Variações dimensionais diferenciais desses materiais	
Fissuração diagonal a partir dos cantos de vão abertos	Enfraquecimento do suporte nessa zona	
	Deformação dos panos de parede	Insuficiente entrega das vergas existentes Inexistência de vergas
Empolamento com formação de bolhas e perda de aderência	Má qualidade do revestimento	Preparação incorrecta do produto/ adições ao produto
		Amassado com excesso de água
		Reamassado do produto parcialmente endurecido
	Aplicação sobre um suporte inadequado ou mal preparado	Com resíduos Muito quente, com humidade insuficiente ou saturado de água
Manchas esbranquiçadas	Carbonatações – aplicação em condições atmosféricas inadequadas	Tempo frio e húmido (com libertação da cal durante a presa de cimento)
	Eflorescências – cristalização à superfície de sais solúveis	Sais contidos nos materiais da parede, na argamassa ou no terreno e transportados pela água de infiltração
Sombreamentos ou transparências seguindo as juntas do suporte sobre o que está aplicado	Espessuras de revestimento muito reduzidas e juntas de alvenaria mal executadas ou com maior permeabilidade	
Diferenças de tonalidade	Diferentes condições de secagem	Grandes variações de temperatura e humidade durante a aplicação
	Variações na preparação do revestimento	Quantidade de água
	Variações na realização do acabamento	Método ou tempo de amassadura
Fungos e bolores (manchas)	Perda da eficácia dos adjuvantes fungicidas e bactericidas	
	Dosagens pequenas de adjuvantes	Preço Toxicidade
	Fachada com fraca exposição ao sol e sujeita a humedecimento	

O Grupo de Estudos da Patologia da Construção – PATORREB [28] encontra-se a desenvolver coordenado pelo Laboratório de Física das Construções da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP e que conta com mais sete participações de Universidades portuguesas: IST, UNL, FCTUP, UM, UBI, UA, e UTAD um compêndio sobre as diversas patologias na construção, indo já, à data, com 85 Fichas de Patologias devidamente revistas e publicadas, podendo ser vistas no site. Mediante o tipo de patologia escolhida, assim temos a descrição da patologia, sondagens e medições, causas da patologia e por último as recomendações.

Para finalizar, podemos concluir que diversos factores influenciam as propriedades do revestimento com argamassas, afectando o seu adequado desempenho ao longo da vida útil esperada. Assim, é necessário considerar a definição da argamassa, das espessuras das camadas do revestimento, dos detalhes construtivos, dos procedimentos de execução e controlo para minimizar a ocorrência dos problemas patológicos no revestimento com argamassas.

6

CADERNOS DE ENCARGOS

6.1. OBJECTIVOS DOS CADERNOS DE ENCARGOS

A estruturação dos documentos constituintes de um projecto de execução referente a uma obra deverá seguir o exemplo explicitado no organograma da figura 6.1.

No esquema podemos concluir que as Peças Desenhadas deverão relacionar-se entre si e com os restantes documentos do projecto e são indispensáveis para uma exacta e pormenorizada definição da obra.

Estas peças são compostas por Desenhos Gerais (implantação, posição, etc.), Desenhos e Pormenores de Detalhe (desenhos parciais; desenhos de montagem; desenhos de construção; quadros) e ainda Especificações.

Temos igualmente as Peças Escritas (congregam habitualmente um conjunto de documentos designado por “Caderno de Encargos” e um Mapa de Trabalhos e Quantidades que serve para elaborar as estimativas orçamentais e orçamento da obra).

É de realçar o item “Caderno de Encargos”, tratando-se do conjunto de peças escritas relativas ao projecto de execução que contém, ordenada por artigos numerados, as cláusulas jurídicas e técnicas, gerais e especiais, a incluir no contrato a celebrar e tem como objectivo regulamentar o relacionamento entre os diferentes intervenientes e definir relativamente aos trabalhos a realizar, a sua quantidade, os materiais a empregar na sua realização, bem como os critérios de avaliação da conformidade dos materiais e trabalhos com o pretendido.

Este documento é composto por “Condições jurídico-administrativas”, onde se insere o programa de concurso, as condições do contrato e o planeamento dos trabalhos, a “Memória Descritiva e Justificativa” onde se apresentam os aspectos mais relevantes associados à elaboração do projecto, as “Especificações Técnicas” onde se faz uma caracterização dos materiais e elementos de construção, bem como forma de execução dos trabalhos, as “Medições” que permitem a descrição, ordenação e determinação analítica das quantidades de trabalhos previstos no projecto para serem executados na obra e finalmente o “Mapa de Trabalhos e Quantidades”, documento onde se organiza em tabela e se enumera por capítulos, segundo a natureza dos trabalhos, todos os trabalhos elementares que constituem a obra a executar e à qual estão associados as quantidades respectivas.

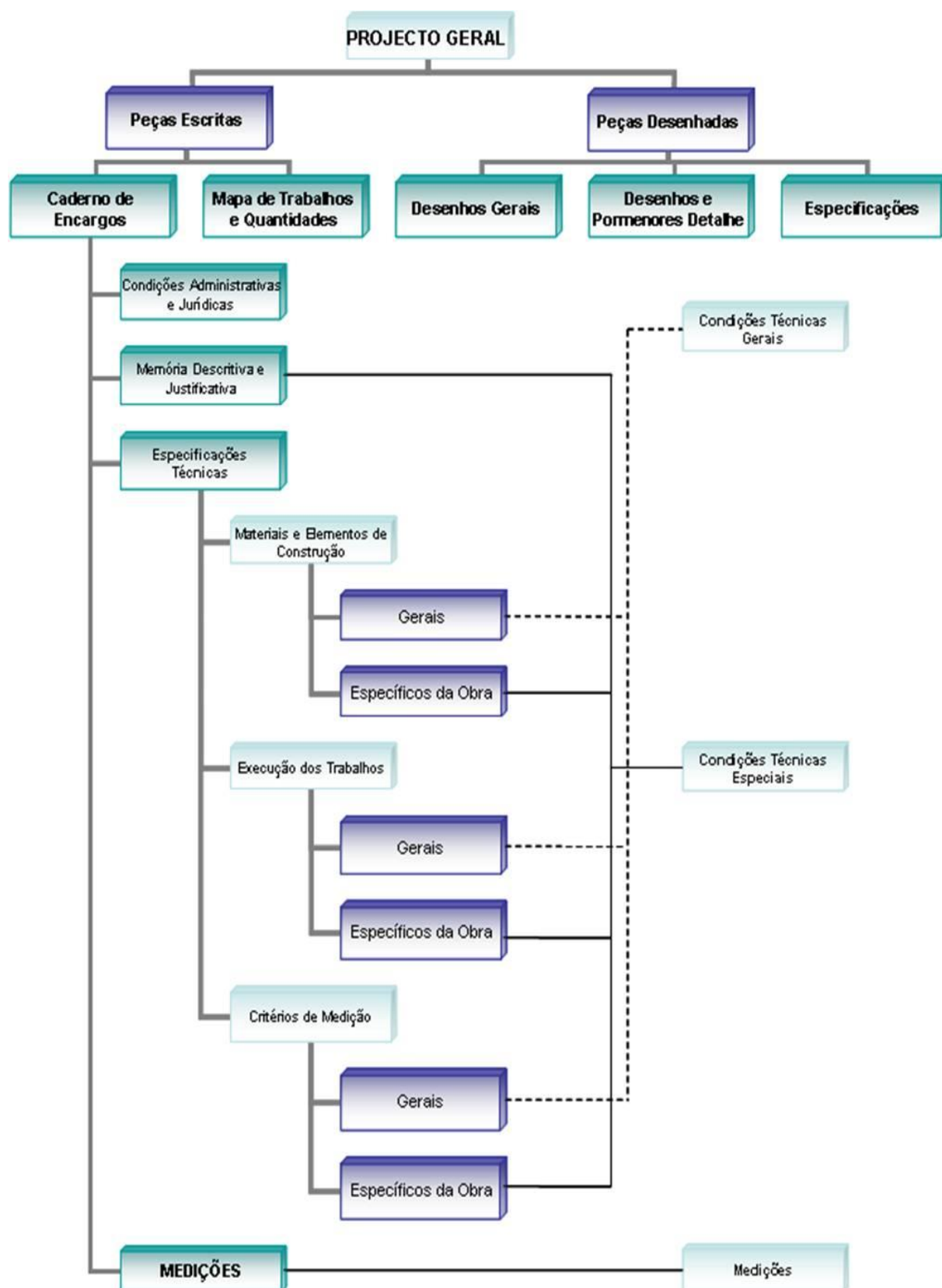


Figura 6.1 - Organograma referente à estruturação dos documentos constituintes de um projecto.

Por conseguinte, os cadernos de encargos não são mais do que as peças escritas que conjuntamente com as peças desenhadas deverão caracterizar perfeitamente as soluções projectadas.

Do referido conjunto de peças escritas, relativas ao projecto de execução as seguintes são ordenadas por artigos numerados:

- Cláusulas jurídico administrativas – descrição do contrato contendo as condições jurídicas e administrativas;
- Cláusulas técnicas gerais – especificação geral no que respeita aos materiais, elementos de construção e à forma de execução dos trabalhos da obra (que sejam comuns a generalidade das obras do mesmo tipo);
- Cláusulas técnicas especiais – especificação técnica dos materiais e elementos de construção e da forma de execução de cada um dos trabalhos da obra especificada (que sejam específicos para cada obra).

Por outro lado, as especificações técnicas são o conjunto das cláusulas técnicas presente nos cadernos de encargos, onde se caracteriza objectivamente as características exigidas a um trabalho, material, produto ou fornecimento e que corresponda à utilização a que o dono de obra os destina. Essas características incluem:

- Níveis de qualidade ou de adequação da utilização;
- Segurança;
- Dimensões, incluindo as prescrições aplicáveis ao material, ao produto ou ao fornecimento no que respeita ao sistema de garantia da qualidade;
- Terminologia;
- Símbolos;
- Ensaio e métodos de ensino;
- Embalagem, marcação e rotulagem;
- Regras de concepção e de cálculo das obras;
- Condições de ensaio, de controlo e de recepção das obras;
- Técnicas ou métodos de construção;
- Todas as outras condições de carácter técnico que o dono da obra possa exigir por meio de regulamentação geral ou especial, no que respeita as obras acabadas e aos materiais ou aos elementos integrantes dessas obras.

Mais ainda, as especificações técnicas são elaboradas em fichas onde se faz a caracterização do material e elementos de construção, bem como da forma de execução dos trabalhos.

Assim sendo, visto termos dois tipos de condições técnicas, gerais e especiais, teremos:

- Condições técnicas gerais:
 - Dos materiais:
 - Características gerais;
 - Forma de aprovação dos materiais e elementos de construção;
 - Forma de substituição dos elementos rejeitados;
 - Condições de armazenamento ou de depósito no estaleiro;
 - Forma de recepção e ensaio.
 - Da execução dos trabalhos:
 - Implantação em obra;
 - Estaleiro;
 - Instalações provisórias;
 - Segurança no estaleiro;

- Aspectos gerais.
-
- Condições técnicas especiais:
 - Dos materiais:
 - Especificação das características gerais e particulares, qualitativas e quantitativas de todos os materiais, elementos ou produtos a empregar na obra;
 - Referência das exigências normativas;
 - Referência a recepção e armazenamento.
 - Da execução dos trabalhos:
 - Referência ao artigo de medição do trabalho constante do mapa de trabalhos e quantidades;
 - Indicação de todos os materiais e elementos de construção necessários a sua realização;
 - Se possível deve ser referida a localização do trabalho na obra;
 - Referência dos desenhos e outros documentos contendo informação gráfica relativa a este trabalho;
 - Se necessário pode-se fazer referência a outros trabalhos descritos noutras fichas que intervenham no trabalho em apreço;
 - Referência a forma de execução, colocação, assentamento, ou outras relativas ao trabalho consideradas especiais a observar, bem como a forma de protecção, manutenção e uso;
 - Indicação dos critérios de medição adoptados e respectivas unidades de medida;
 - Indicação dos aspectos de segurança e saúde e de natureza ambiental a respeitar nesse trabalho.

Posto isto, enumeram-se algumas ilações relativas às condições técnicas do caderno de encargos:

- Unidades individualizadas, isto é, fichas por material ou trabalho;
- Sistema de referência entre materiais e trabalhos;
- Referenciação, sempre que possível, dos documentos (desenhos por exemplo), que caracterizem os materiais, elementos e trabalhos em questão;
- Redacção com frases curtas, de fácil compreensão, que especifiquem de maneira clara e bem definida, sem redundâncias nem adjectivação os materiais e trabalhos;
- Adopção de uma hierarquização: do geral para o particular; por um processo aditivo, sem repetições, se possível de acordo com a sequência dos desenhos e da execução da obra [].

6.2. ANÁLISE DE VÁRIOS CADERNOS DE ENCARGOS

Para o presente trabalho, foram contactadas várias empresas de renome na praça tal como alguns gabinetes de engenharia e arquitectura, sensivelmente 15 no total, no intuito de se obter disponibilização de cadernos de encargos para obtenção de especificações técnicas sobre argamassas. O objectivo seria de com os cadernos de encargos de obras, (por iniciar, a decorrer ou já findadas) das empresas, poder fazer uma análise de cada um e comparativa entre eles. É com pena que tal não tenha sido possível. Após proceder à minha identificação e pretensão, o feedback obtido foi de uma maneira geral de três tipos:

- nos cadernos de encargos existentes não preconizavam nada sobre esse assunto;

- iriam pesquisar e futuramente dariam uma resposta, só uma respondeu enviando duas páginas sem interesse;
- não seria possível fornecer esses dados.

Por conseguinte, os cadernos de encargos parciais que se arranjaram, com a exceção de dois cedidos pelo orientador [30,31], foram de 8 obtidos na reitoria da Universidade do Porto, enquanto dona de obra de empreitada de construção de edifícios [32-40].

A análise principal será feita em função dos traços preconizados para as composições de argamassas de:

- assentamento de alvenaria de tijolo;
- revestimento de paredes e tectos interiores e exteriores.

Nos excertos dos cadernos de encargos notou-se que no que se refere a argamassas e traços eles aparecem normalmente de dois modos:

- descrição das diferentes argamassas e os seus traços sequencialmente;
- descrição das argamassas e seus traços em capítulos tais como:
 - alvenarias;
 - impermeabilização de paredes;
 - rebocos;
 - acabamentos.

Os traços referidos encontram-se indicados como proporção volumétrica entre os componentes de argamassa ligante(s)/areia.

Contudo, antes de se abordar a questão dos traços, verificou-se que nos excertos dos cadernos de encargos que se arranhou, alguns tinham também referenciados os materiais, sua descrição e qualidade, uns com textos mais desenvolvidos que outros tal como a forma do seu fornecimento e armazenamento.

Verificou-se não existir uma coerência muito grande quanto ao modo de apresentação, chegando mesmo a aparecer traços de argamassas em duplicado e com valores diferentes. Pelo exposto optou-se por transcrever de cada caderno de encargos as referências que têm relativamente às argamassas e seus traços, apresentadas em anexo, e posteriormente a construção de quadros com a apresentação resumida, do que cada caderno de encargos preconiza para cada caso, a fim de facilitar uma melhor análise e compreensão.

Estes quadros resumidos apresentam-se nas tabelas 6.1-5.

Tabela 6.1 – Traço de argamassas de assentamento de alvenaria

Caderno de Encargos	Constituintes	Traço	Razão Areia/Ligantes
1	cimento e areia grossa	100 kg de C : 1000 L da A	
2	cimento e areia	1:4	4
	cimento claro, areia fina de rio e hidrófugo	1:3	3
3	cimento e meia areia	1:4	4
4	cimento, cal hidráulica e areia	1:1:8	4
7	cal em pasta, cimento e areia	1:1:8	4
	cal hidráulica, cimento e areia	1:0,5:6	4
	cimento e areia	1:4	4
8	cimento e areia	1:4	4
9	Argamassa	1:4	4
10	cimento e areia grossa	1:6	6

Tabela 6.2 – Traço de argamassas para execução de chapisco

Caderno de Encargos	Constituintes	Traço	Razão Areia/Ligantes
2	cimento, areia	1:2,5	2,5
	cimento, areia	1:2	2
3	cimento e meia areia	1:2	2
	cimento e areia	1:2	2
4	cimento e areia	1:1 a 1:3	1 - 3
6	cimento e meia areia	1:3	3
	cimento e areia e hidrofugo	1:1,5	1,5
7	cimento e areia e hidrofugo	1:1,5	1,5
8	cimento e areia e hidrofugo	1:1,5	1,5

Tabela 6.3 – Traço de argamassas de emboço e reboco em paredes interiores

Caderno de Encargos	Paredes interiores			
	Esboços		Acabamentos	
	Constituintes	Traço	Constituintes	Traço
2	cimento, areia fina e cal gorda	1:6:1	cimento, areia fina e cal gorda	1:4:0,75
			cimento, areia e cal gorda	1:5:4
3	cimento, cal gorda e meia areia	1:2:6	goma de cal e cimento	1:2
	cimento, cal em pasta e meia areia	1:2:6		
	cimento e areia	1:4		
4	cimento, cal hidráulica e areia	1:1:6		
	cal hidráulica	1:7		
	cimento e cal comum	1:3:7		
	cimento, cal em pasta e meia areia	1:1:5	goma de cimento, cal e areia fina	0,5:1:2
6	cal gorda, cimento e área fina	1:0,5:5		
	cimento, cal em pasta e areia fina	1,5:3:2	goma de cal e cimento	2:0,5
7	cimento, cal hidráulica e meia areia	1:4:15	cimento, cal gorda e areia fina	1:1:4
	cimento e areia fina	1:4		
8	com cal gorda, cimento e areia fina	1:0,5:5		
10	cal hidráulica	1:7		
	cimento e cal comum	1:3:7		
	cal hidráulica, cimento e areia	1:1:5		
	cimento e areia	1:3		
	Reboco Hidráulico Pronto, RHP			

Tabela 6.4 – Traço de argamassas de emboço e reboco de tectos

Caderno de Encargos	Tectos			
	Esboços		Acabamentos	
	Constituintes	Traço	Constituintes	Traço
2	cimento, areia fina e cal gorda	1:6:1	cimento, areia fina e cal gorda	1:5:4
			com tempo seco – gesso e cal gorda	1:2
			com tempo húmido – gesso e cal gorda	1:1
3	cimento, cal hidráulica e meia areia	1:7:14		
	cimento, cal em pasta e meia areia	1:2:6		
4	cimento, cal em pasta e meia areia	1:1:5	goma de cimento, cal e areia fina	0,5:1:2
6	areia, cal e gesso	4:1:1		
7	cimento, cal em pasta e meia areia	1:2:6	gesso e cal em pasta	1:2
8	cal e hidráulica e areia	1:3	cal gorda, cal hidráulica e areia fina	1:1:6
10	Reboco Hidráulico Pronto, RHP			

Tabela 6.5 – Traço de argamassas de emboço e reboco em paredes exteriores

Caderno de Encargos	Paredes exteriores			
	Esboços		Acabamentos	
	Constituintes	Traço	Constituintes	Traço
2	cimento, meia areia e cal gorda	1:6:1	cimento, meia areia e cal gorda e hidrófugo	1:4:0,75
3	cimento, cal hidráulica e meia areia	1:7:14		
4	cimento, cal hidráulica e areia	1:1:6		
	cal hidráulica	1:5		
	cal comum e cimento	1:1:5		
	cal em pasta e meia areia	1:1:5		
7	cimento, cal hidráulica e meia areia	1:4:15	cimento, cal hidráulica e meia areia	1:4:15
			cimento, cal gorda e meia areia	1:4:15
10	cal hidráulica	1:5		
	cal comum e cimento	1:1:5		

6.3. ENSAIOS

O programa experimental que se decidiu implementar tem por objectivo a comparação das características das argamassas tradicionais com as industriais correspondentes com duas aplicações principais das argamassas: de assentamento de alvenaria e de reboco.

Na análise dos cadernos de encargos, verificou-se que tinham definidos diferentes traços para argamassas de assentamento de alvenaria e /ou argamassas de reboco interior e exterior (paredes e tectos). Pretendeu-se, chegar a um consenso na escolha das argamassas tipo, para sua posterior comparação. Procurou-se implementar um conjunto de ensaios que permitissem a comparação entre as diferentes argamassas em estudo e previamente seleccionadas, argamassas tradicionais, de assentamento de alvenaria e de reboco de interior e as argamassas industriais para os mesmos efeitos. No caso de argamassas de alvenaria de assentamento comparou-se uma argamassa fabril com uma tradicional:

- A1 – argamassa fabril de assentamento de alvenaria
- A2 – argamassa tradicional de assentamento de alvenaria, composta por cimento e areia ao traço em volume 1:4

No caso de argamassas de reboco interior compararam-se quatro tipos de argamassas:

- R1 – argamassa fabril de reboco de interiores
- R2 – argamassa tradicional de reboco, composta por cimento e areia, ao traço em volume 1:3
- R3 – argamassa tradicional de reboco, composta por cimento, cal hidráulica e areia ao traço em volume 1:4:15
- R4 – argamassa tradicional de reboco, composta por cimento, cal gorda e areia ao traço em volume 1:4:15

A escolha destas argamassas baseia-se no facto de, no caso de argamassas de assentamento de alvenaria, como se pode verificar na tabela, a razão entre areia e ligante ser da ordem de 4. É usual o ligante, na maior parte das vezes, ser só o cimento logo, pelas razões apresentadas é que se escolheu a A2. No caso da A1 essa foi comprada numa casa comercial e escolhida visto pretender-se comparar uma argamassa fabril com uma tradicional.

No caso das argamassas de reboco foi feita uma triagem em virtude das diversas opções logo, face aos quadros referentes às argamassas de revestimento interior e exterior, optou-se por escolher três argamassas, uma em que o ligante seria só cimento, outra cimento e cal hidráulica e por fim cimento e cal gorda. Esta opção deve-se ao facto de, como mais uma vez se pode ver nas tabelas, as argamassas que contêm cal estarem preconizadas tanto para paredes interiores como exteriores tendo-se assim um caso de estudo em que entrava uma argamassa fabril e as restantes três em que, além da variação da quantidade de agregados e água necessária para a amassadura, varia também o tipo de ligante usado, cimento, cimento e cal hidráulica e por fim cimento e cal gorda.

Materiais utilizados no fabrico das argamassas e a amassadura (os materiais usados foram adquiridos numa casa comum de materiais de construção):

- Argamassa de assentamento de alvenaria industrial –Classe M10
- Argamassa de reboco de interiores industrial
- Cimento CEM II 32,5 N
- Cal hidráulica NHL 5
- Cal hidratada
- Agregados – meia areia do rio

Foi feita a análise granulométrica de acordo com a norma NP EN 933-1:2000 [51] foram obtidos os seguintes resultados:

Tabela 6.6 – Análise granulométrica da areia utilizada

Peneiros (m)	8	5,6	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	Resto
% material retido	0	0,2	0,3	4,4	22,3	47,7	23,6	1,1	0,2	0,2
% material acumulado	0	0,2	0,5	4,9	27,2	74,9	98,5	99,6	99,8	----
% passados	100	99,8	99,5	95,1	72,8	25,1	1,5	0,4	0,2	----

O valor obtido para o módulo de finura, 3,06, corresponde à designação corrente de “meia areia”.

O traço das argamassas está em volume tendo sido necessário proceder-se à sua conversão em peso. Determinou-se a baridade dos constituintes utilizando para tal uma balança e um recipiente calibrado, de um litro, tendo-se obtido:

- Cimento – 1150 kg/m³
- Cal hidráulica NHL 5 – 955 kg/m³
- Cal hidratada (gorda) – 415 kg/m³
- Areia – 1450 kg/m³

Por fim temos então a conversão:

Tabela 6.7 – Traço em volume das argamassas convertido em peso

Argamassas			Traço	
			Volume	Peso
Assentamento de alvenaria	A1	Fabril		
	A2	cimento e areia	1:4	1:5
Revestimento de interiores	R1	Fabril		
	R2	cimento e areia	1:3	1:3,8
	R3	cimento, cal hidráulica e areia	1:4:15	1:3,3:18,9
	R4	cimento, cal gorda e areia	1:4:15	1:1,4:18,9

Para se proceder à amassadura seguiu-se a norma NP EN 196-1:2006 [8] que preconiza:

- colocar a água e o cimento no recipiente, tendo o cuidado de evitar perda de água ou cimento.
- colocar imediatamente em funcionamento o misturador a velocidade lenta e começar a marcar o tempo das fases de amassadura. Registrar o tempo, como “tempo zero”. Após 30 s, introduzir regularmente toda a areia durante os 30 s seguintes. Colocar a misturadora em velocidade rápida e continuar a amassadura durante mais 30 s;

- parar a misturadora durante 90 s. Durante os primeiros 30 s, retirar, por meio de uma espátula de borracha ou plástico, toda a argamassa aderente às partes laterais e ao fundo do recipiente e colocá-la no meio deste;
- continuar em seguida a amassadura à velocidade rápida, durante 60 s.

Face à existência de argamassa fabril para ambos os casos, assentamento e revestimento, em que só é necessário juntar uma determinada quantidade de água indicada pelo fabricante, a única alteração relativamente à norma é que deitou-se a água, ligou-se a misturadora e introduziu-se de forma regular o produto das argamassas fabris durante os primeiros 60 s. No caso das argamassas tradicionais com mais que um ligante foi feito tudo igual á norma com a excepção de em vez de se deitar só o cimento no momento inicial, juntaram-se todos os ligantes de cada argamassa.

A quantidade de cimento e areia utilizados na norma perfaz 1800 g pelo que é esse o valor total a respeitar, em função da soma em proporção dos constituintes das diferentes argamassas a amassar. Assim sendo, tem-se:

Tabela 6.8 – Quantidade de massa dos constituintes em função do traço

Argamassas		Traço em Peso	Quantidades (g)
A1	Fabril		1800
A2	cimento e areia	1:5	300:1500
R1	Fabril		1800
R2	cimento e areia	1:3,8	375:1425
R3	cimento, cal hidráulica e areia	1:3,3:18,9	77,6:256,1:1466,6
R4	cimento, cal gorda e areia	1:1,4:18,9	84,5:118,3:1597,1

6.3.1. CONSISTÊNCIA POR ESPALHAMENTO

6.3.1.1 Descrição do ensaio

Como já foi referido, enquanto as argamassas fabris têm especificada a quantidade de água a juntar ao produto no caso das argamassas tradicionais isso não acontece; procedeu-se então à determinação da consistência por espalhamento de ambas as argamassas fabris e considerou-se que esse é que seria o valor padrão a respeitar pelas restantes argamassas de assentamento de alvenaria e reboco, para que os respectivos resultados fossem comparáveis.

Para a determinação da consistência por espalhamento, foi seguida a metodologia preconizada da norma americana ASTM C 1437:2001 [2]. Após a amassadura, a argamassa é colocada num molde tronco-cónico, em duas camadas, sendo cada camada compactada 20 vezes com um pilão. Depois da regularização da superfície, retira-se o molde e provoca-se a queda da mesa de espalhamento 25 vezes em 15 segundos (por acção de nivelamento). A argamassa espalha-se e faz-se a medição de 4

diâmetros a 45°. O valor da consistência por espalhamento, em percentagem, obtém-se subtraindo a cada diâmetro medido o valor da base do molde e fazendo a média destes quatro valores.

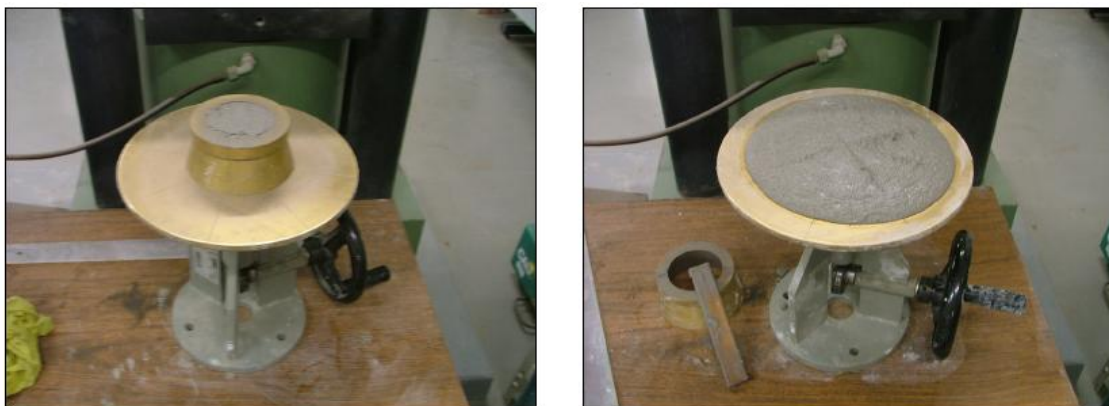


Figura 6.2 – Ensaio de espalhamento

6.3.1.2. Apresentação dos resultados.

Tal como foi dito anteriormente as argamassas industriais de alvenaria e revestimento serviram como argamassas padrão para as restantes, permitindo assim determinar-se a quantidade de água a juntar-lhes para se obter um determinado valor de consistência. Impôs-se uma margem de 5% de tolerância sobre as argamassas prontas. A tabela 6.9 mostra os valores obtidos.

Tabela 6.9 – Valores de consistência das argamassas

Argamassas	Consistência (%)
A1	86,00
A2	86,67
R1	50,00
R2	51,67
R3	53,33
R4	46,67

6.3.1.3. Discussão dos resultados

Podemos ver que os valores da consistência entre as argamassas fabris de assentamento de alvenaria são consideravelmente diferentes dos valores da consistência apresentados pelas argamassas de revestimento. A argamassa A1 apresenta-se em consistência 72% acima da consistência da argamassa R1.

No que se refere às quantidades de água determinadas para as argamassas tradicionais obtiveram-se os valores indicados na tabela 6.10.

Tabela 6.10 – Quantidade de água necessária para a amassadura

Argamassas	Água de amassadura (g)
A1	225,0
A2	315,0
R1	330,0
R2	250,0
R3	275,0
R4	315,0

6.3.2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E À FLEXÃO

6.3.2.1 Descrição do ensaio

Nos ensaios para a determinação dos valores da resistência à compressão e à flexão foi seguida a norma NP EN 196-1:2006 [8]. O ensaio de flexão foi realizado sobre provetes prismáticos de 40*40*160 mm³ e o ensaio de compressão sobre os meios provetes resultantes do ensaio de flexão. A amassadura de cada uma das argamassas foi feita nas condições especificadas anteriormente, após o que se encheram os moldes em duas camadas, compactando cada uma da forma indicada na mesma norma, sendo depois cobertos. Essa cobertura foi inicialmente feita com placas de vidro no entanto, posteriormente, recorreu-se a plástico aderente face à escassez de placas de vidro. Foram devidamente identificados e conservados à temperatura e humidade ambiente do laboratório (T=20 ± 2°C e HR ≥ 50%).

Foram preparados 9 provetes de cada argamassa para ensaiar aos 2, 7 e 28 dias. Os provetes A1, A2 e R2 foram desmoldados às 24 horas enquanto os R1, R3 e R4 só o foram às 48 horas visto que às 24 horas não aparentavam ter uma resistência suficiente para serem manuseados sem risco de se danificarem. Após a desmoldagem, os provetes foram colocados na câmara húmida à temperatura de 20 ± 1°C no entanto, enquanto A1, A2 e R2 foram mergulhados em água os restantes não. Essa opção foi feita dada as características das argamassas. Ficaram em ambiente saturado mas não mergulhados em água.

Começa-se por efectuar os ensaios para a determinação da resistência à flexão, obtendo-se o valor de carga de rotura à flexão. Para cada argamassa e cada idade, são ensaiados 3 provetes, pelo que o valor obtido para cada argamassa e idade será a média dos três. A carga de rotura pode ser obtida pela seguinte fórmula:

$$R_f = \frac{1,5F_f \times l}{b^3} \quad (1)$$

sendo:

- R_f – a resistência à flexão (MPa)
- F_f – a carga aplicada no centro do prisma na rotura (N)
- b- lado da secção quadrada do prisma (mm)
- l – distância entre apoios (mm), igual a 100 mm



Figura 6.3 – Ensaio para a determinação da resistência mecânica à flexão

Os meios prismas resultantes do ensaio à flexão são posteriormente ensaiados à compressão. Para cada um dos seis meios prismas determina-se a resistência à compressão através da fórmula:

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (2)$$

sendo:

- R_c – resistência à compressão (MPa)
- F_c – carga máxima na rotura (N)
- 1600 – área comprimida do provete (mm^2)

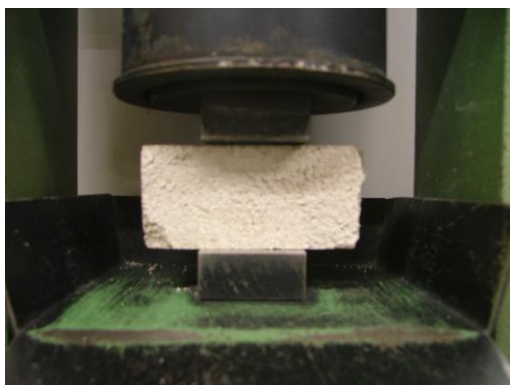


Figura 6.4 - Ensaio para a determinação da resistência mecânica à compressão

6.3.2.2. Apresentação dos resultados

São apresentados na tabela 6.11 os valores obtidos para as resistências à flexão e na figura 6.5 o gráfico com a evolução das resistências ao longo do tempo.

Tabela 6.11 – Resistências à flexão das argamassas

Argamassas	Resistência à flexão [MPa]			Relação entre as resistências	
	Tempo				
	2dias	7 dias	28 dias	R2/R28	R7/R28
A1	1,2633	1,9523	2,5840	0,49	0,76
A2	0,5742	1,0527	1,4355	0,40	0,73
R1	0,3063	0,6891	0,9379	0,33	0,73
R2	1,5121	2,4883	3,1391	0,48	0,79
R3	0,3445	0,8805	1,0719	0,32	0,82
R4	0,1723	0,2297	0,3445	0,50	0,67

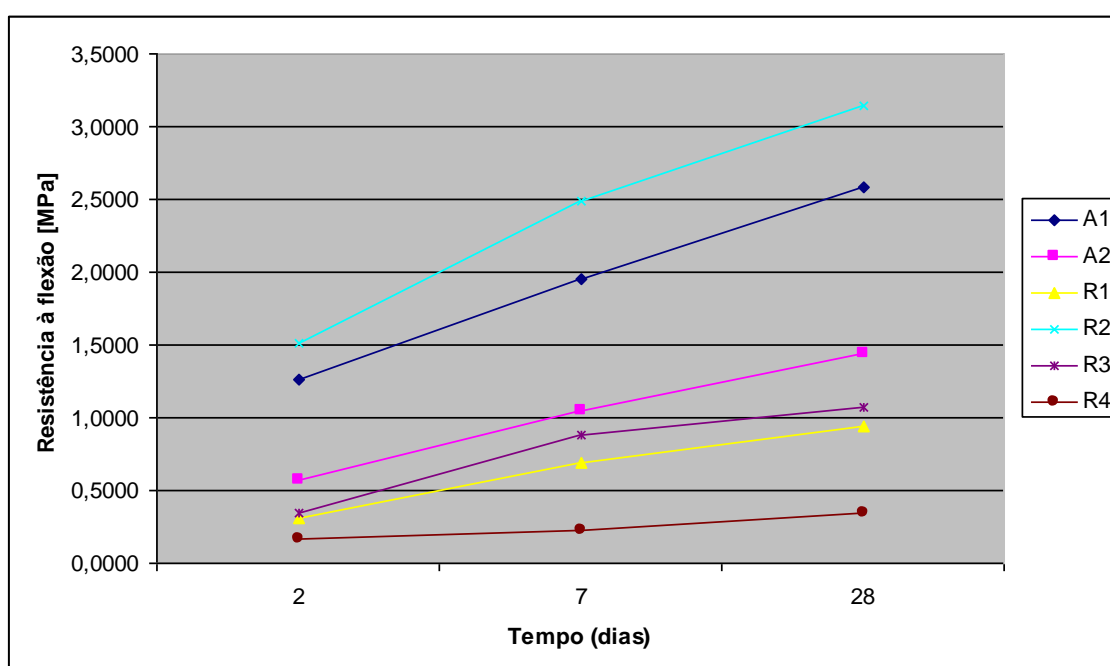


Figura 6.5 – Gráfico da evolução da resistência à flexão das argamassas

São apresentados na tabela 6.12 os valores obtidos para as resistências de compressão e na figura 6.6 o gráfico com a evolução das resistências ao longo do tempo.

Tabela 6.12 -- Resistências à compressão das argamassas

Argamassas	Resistência à compressão [MPa]			Relação entre as resistências	
	Tempo				
	2dias	7 dias	28 dias	R2/R28	R7/R28
A1	4,2365	6,9417	8,9578	0,47	0,77
A2	1,8375	3,7771	4,8234	0,38	0,78
R1	0,6125	1,4292	2,3990	0,26	0,60
R2	6,4313	11,1781	14,1896	0,45	0,79
R3	1,0208	2,4755	3,2156	0,32	0,77
R4	0,3063	0,5104	0,6482	0,47	0,79

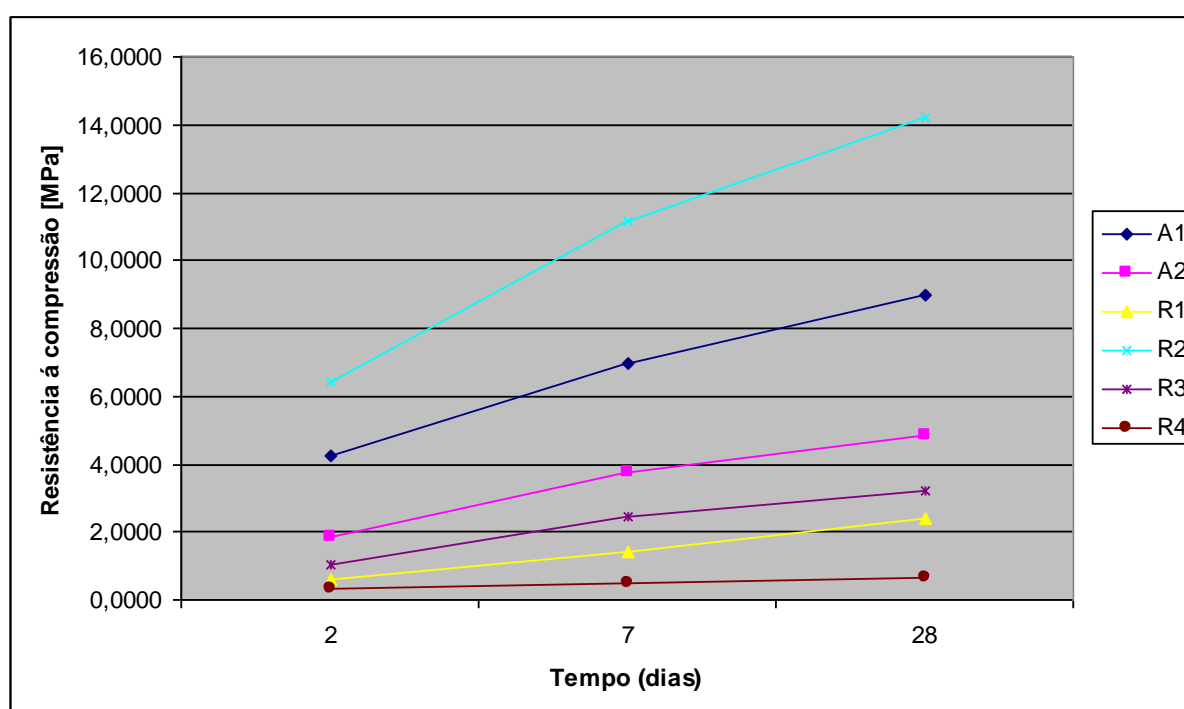


Figura 6.6 - Gráfico da evolução da resistência à compressão das argamassas

6.3.2.3. Discussão dos resultados

Para a análise dos resultados das resistências mecânicas, complementaram-se os quadros de resultados constantes das tabelas 6.11 e 6.12 com as duas últimas colunas nos quais se encontraram calculadas as relações das resistências aos 2 e 7 dias com as resistências aos 28 dias.

Os resultados das resistências à compressão obtidos aos 28 dias revelam para as argamassas de assentamento valores próximos da classe de resistência M10 para a argamassa industrial e próximos de classe de resistência M5 para a correspondente argamassa tradicional. Como para este tipo de argamassas a resistência à compressão é uma propriedade importante, conclui-se que a argamassa industrial é neste aspecto preferível à tradicional.

Quanto aos resultados da resistência à compressão obtidos aos 28 dias nas argamassas de reboco, verificou-se que a argamassa R2 (ligante exclusivo de cimento Portland II 32,5 N) apresenta um valor

que se pode considerar excessivo (14,19 MPa), uma vez que à categoria de argamassa mais resistente presente na EN 998-1 (categoria CS IV) é exigido um valor mínimo de apenas 6 MPa. No que respeita à argamassa R4 (ligante: cal aérea hidratada e cimento Portland) o valor de resistência à compressão aos 28 dias é considerado baixo (0,648 MPa) pois para a categoria de argamassa menos resistente presente na norma EN 998-1 (categoria I) são exigidos valores entre 0,4 e 2,5 MPa.

As restantes argamassas de reboco, R1 (industrial) e R3 (ligante: cal hidráulica e cimento de Portland) apresentam resistências à compressão aos 28 dias intermédias ($\approx 2,4$ e $3,2$ MPa, respectivamente), a que corresponde a categoria CS II da EN 998-1 (resistência entre 1,5 e 5,0 MPa). Estas argamassas R1 e R3 além da resistência semelhante apresentam grau de endurecimento com a idade também semelhante e diversas de todas as restantes argamassas, desenvolvimento mais lento da resistência nos primeiros dias (R2/R8 mais baixos) quer á compressão, quer á flexão.

Poder-se-á admitir que a sua composição poderá ser semelhante.

6.3.3. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

6.3.3.1. Descrição do ensaio

A ausência de ligações químicas entre os poros e as moléculas mais próximas, faz com que estas possuam uma energia latente na sua superfície livre, tanto maior quanto maior for a superfície específica das mesmas. A absorção de água por capilaridade é a penetração de um líquido na argamassa por acção desta tensão superficial, que actua nos seus poros capilares.

A absorção de água por capilaridade traduz-se na capacidade que os materiais porosos têm de captar água acima do nível que apresenta a superfície líquida em contacto com eles.

Devido a questões de tempo, foi determinado um método de procedimento para o ensaio de absorção de água por capilaridade, baseando-se na especificação do LNEC E 393:1993 [29] Determinação da absorção de água por capilaridade e na EN 1015-18 Methods of test for mortar for masonry – Part 18: Determination of water absorption coefficient due capillary action of hardened mortar. Esse método será explicado de seguida.

Foram produzidos três provetes de cada argamassa nas mesmas condições de produção, desmolde e cura dos que foram utilizados para o ensaio de flexão e compressão aos 28 dias. Provetes $40 \times 40 \times 160$ mm³ que após a cura foram cortados a meio, sendo três metades usadas neste ensaio e as restantes três no ensaio de imersão de que se falará a seguir.



Figura 6.7 – Preparação dos provetes para o ensaio de capilaridade e imersão

Após o corte foram colocados numa estufa a 60°C, até massa constante, o que corresponde a uma variação máxima de 0,1% da massa entre pesagens consecutivas espaçadas de 24 horas. Seguidamente

colocaram-se os provetes na vertical sobre uma grelha no interior de uma caixa de plástico. Foi introduzida água na caixa de modo a perfazer uma altura de cerca 5 mm acima da base dos provetes. A altura da água foi mantida constante durante o ensaio acrescentando-se sempre que necessário no momento de cada leitura. Entre leituras a caixa manteve-se fechada, colocada numa sala com temperatura e humidade relativa controladas ($T=20^{\circ}\text{C}$ e $HR=65\%$).

A caracterização da absorção de água por capilaridade foi feita efectuando-se leituras dos pesos dos provetes em intervalos de tempo pré-definidos. O cálculo da absorção por capilaridade no tempo t_i é efectuado dividindo o aumento de massa $M_i - M_0$, em gramas, pela área da face inferior do provete que esteve em contacto com a água, em centímetros quadrados. Os valores apresentados para cada argamassa são a média das leituras dos três provetes.



Figura 6.8 – Ensaio de absorção de água por capilaridade

6.3.3.2. Apresentação dos resultados

Na figura 6.9 encontra-se redigida a caracterização gráfica do ensaio.

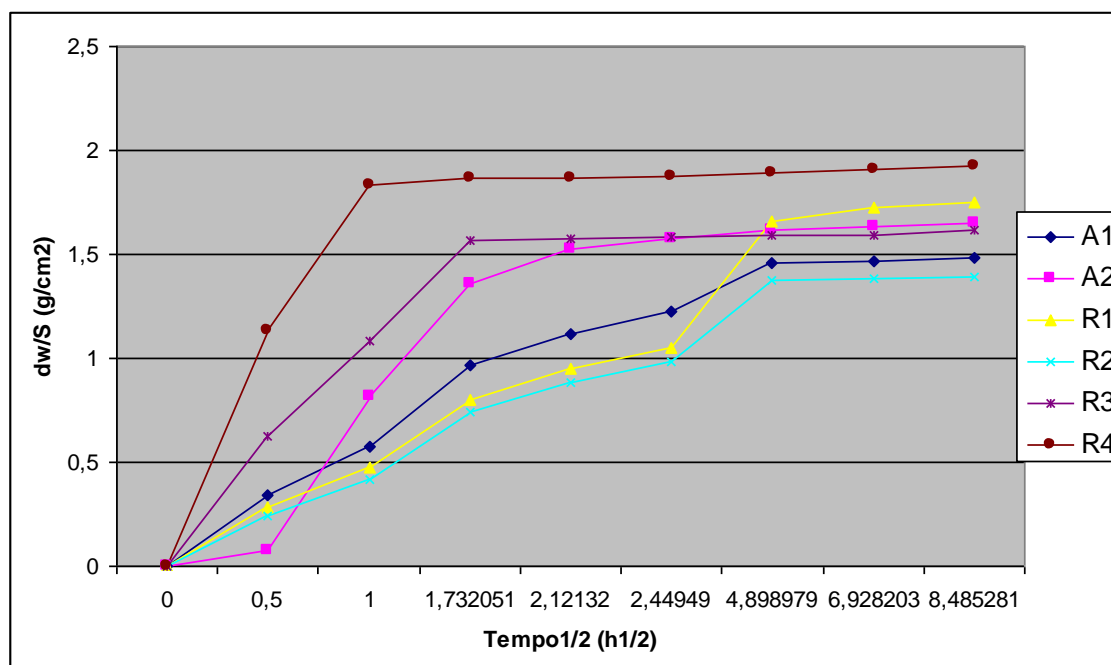


Figura 6.9 – Curva de absorção de água por capilaridade das argamassas

6.3.3.3. Discussão dos resultados

Admite-se que a lei que rege a relação entre a absorção de água e o tempo é dado pela expressão

$$A = a_0 + S\sqrt{t} \quad (3)$$

em que:

- A – é o valor da absorção de água (kg/m^2);
- a_0 – água absorvida na superfície de contacto para $t=0$ (kg/m^2);
- t – tempo em minutos;
- S – coeficiente de absorção em $\text{kg}/(\text{m}^2 * \text{min}^{0,5})$.

Isto é, no sistema de eixos (\sqrt{t} , A) esta expressão é traduzida por uma recta, cujo coeficiente angular é designado por coeficiente de absorção.

A partir dos valores do gráfico da figura 6.9, obtiveram-se os seguintes valores do coeficiente de absorção:

Tabela 6.13 – Valor do coeficiente de absorção das argamassas

Argamassas	A1	A2	R1	R2	R3	R4
S [$\text{kg}/(\text{m}^2 * \text{min}^{0,5})$]	0,72	0,94	0,61	0,58	1,16	2,58

Os valores de S foram calculados com a duração de ensaio até as 4,5 horas, com excepção apenas das argamassas de R3 e R4, nas quais a saturação foi verificada após 3h e 1h, respectivamente.

Verificou-se portanto que as argamassas de reboco R1 e R2 apresentam os mais baixos valores do coeficiente de absorção, considerado favorável para a sua função de argamassa de revestimento. No extremo oposto estão as argamassas de reboco R3 e R4, mau para o seu desempenho neste aspecto.

Os valores intermédios são apresentados pelas argamassas de assentamento, A1 e A2, embora melhor a industrial.

6.3.4. ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO

6.3.4.1. Descrição do ensaio

Tal como foi referido no ensaio anterior, os provetes $40*40*160 \text{ mm}^3$ foram cortados ao meio, sendo parte deles usado nesse ensaio e a restante parte neste ensaio. As condições de fabrico, desmolde e cura encontram-se descritos no ensaio anterior. O ensaio foi feito baseado na especificação do LNEC E 394:1993 [41] e é caracterizado por, após a cura, serem postos numa sala a $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ imersos em 1/3 da sua altura; uma hora depois os restantes 2/3 e novamente passado uma hora acrescenta-se água de maneira a tapar a totalidade do provete mas sem ultrapassar 20 mm da face superior imersa. Quando se chegar a massa constante, isto é, a diferença for inferior a 0,1% da média entre duas leituras consecutivas intervaladas de 24 horas, determinar as massas em gramas, do provete saturado ao ar, m_1 e massa hidrostática do provete saturado imerso em água, m_2 . Em seguida secar o provete na estufa a $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$, até se atingir massa constante entre duas leituras consecutivas intervaladas de 24 horas e a diferença entre leituras seja de 0,1% da média das leituras, m_3 .

O cálculo da absorção de água por imersão é feito através da seguinte expressão:

$$A_i = \frac{m_1 - m_3}{m_1 - m_2} \times 100 \quad (4)$$

em que:

- m_1 – é a massa do provete saturado ao ar, expressa em gramas;
- m_2 – é a massa hidrostática do provete saturado expressa em gramas;
- m_3 – é a massa do provete seco, expressa em gramas;
- A_i – é o valor da absorção de água por imersão expresso em percentagem.



Figura 6.10 - Ensaio de absorção de água por imersão

6.3.4.2. Apresentação dos resultados

São apresentados na tabela 6.14 e na figura 6.11 os valores obtidos para a determinação do valor de absorção de água por imersão, A_i .

Tabela 6.14 – Valores do ensaio de absorção de água por imersão

Argamassas	Massa do provete (g)			A (%)
	Saturado	Hidrostático	Seco	
	m ₁	m ₂	m ₃	
A1	283,17	158,50	258,03	20,2
A2	261,20	136,80	233,73	22,1
R1	214,27	89,00	177,53	29,3
R2	272,83	142,03	246,57	20,1
R3	250,00	127,03	221,90	22,9
R4	234,33	117,67	204,03	26,0

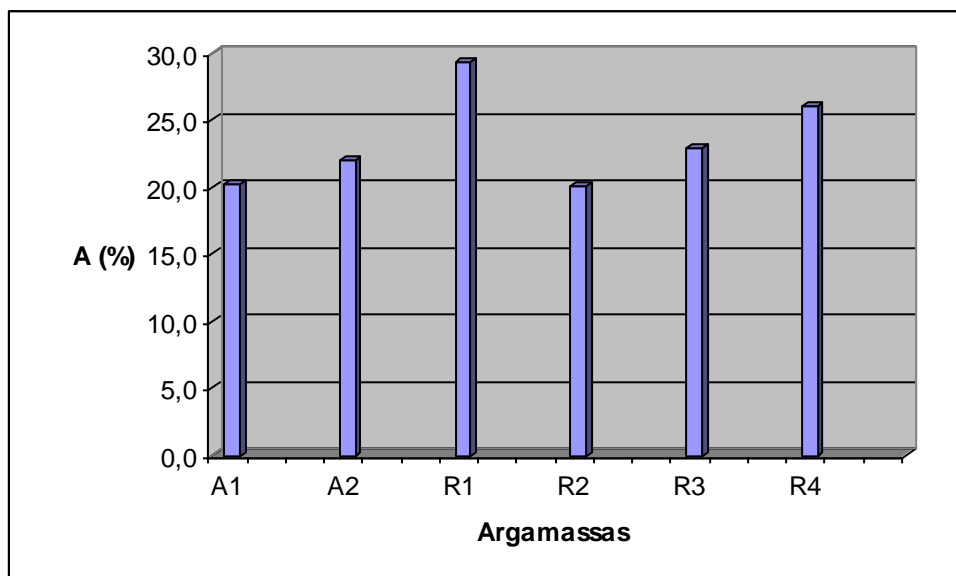


Figura 6.11 – Gráfico da absorção de água por imersão das argamassas

6.3.4.3. Discussão dos resultados

Com base nos resultados obtidos verificou-se que a argamassa R1 (industrial, de reboco) apresenta a maior absorção de água por imersão (29,3%). Esta constatação conjugada com as massas volúmicas mais baixas adiante determinadas, leva a concluir que esta argamassa deverá ter uma quantidade razoável de ar introduzido.

Dos restantes valores obtidos, verificou-se serem da mesma ordem de grandeza (20,1% a 22,9%) excepto o obtido para a argamassa R4 que é superior a estes (26,0%), indicador de pior qualidade desta argamassa quanto à porosidade.

6.3.5. DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA DE ARGAMASSA FRESCA

6.3.5.1. Descrição do ensaio

Para a realização deste ensaio sobre argamassas, adoptou-se pela utilização da especificação do LNEC E 256:1971 [42] e da norma NP EN 12350-6:2009 [43] aplicáveis a betões, adaptada a argamassas. O método de procedimento de compactação e o recipiente usado para o efeito foi o da norma NP EN 196-1:2006 [8] e os provetes depois da cura foram utilizados para o cálculo da massa volúmica de argamassa endurecida.

O cálculo da massa volúmica consiste em determinar a massa do recipiente, m_1 , e após o enchimento, compactação e nivelamento da superfície dos provetes efectuar nova pesagem e determinar a massa do recipiente com o conteúdo de argamassa, m_2 .

O cálculo da massa volúmica é efectuado através da fórmula:

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (5)$$

em que:

- D – é a massa volúmica do betão fresco, em kg/m^3 ;
- m_1 – é a massa do recipiente vazio, em kg;
- m_2 – é a massa do recipiente completamente cheio de argamassa compactado, em kg;
- V – é o volume do recipiente, em m^3 .

6.3.5.2. Apresentação dos resultados

Os resultados obtidos podem ser vistos na tabela 6.15 e na figura 6.12 a seguir.

Tabela 6.15 – Valores para a determinação da massa volúmica das argamassas frescas

Argamassas	m_1 (kg)	m_2 (kg)	V (m^3)	D (kg/m^3)
A1	12,438	14,190	0,000768	2281,3
A2	11,674	13,276		2085,9
R1	12,876	14,117		1615,9
R2	10,313	11,928		2102,9
R3	12,657	14,258		2084,6
R4	11,561	13,106		2011,7

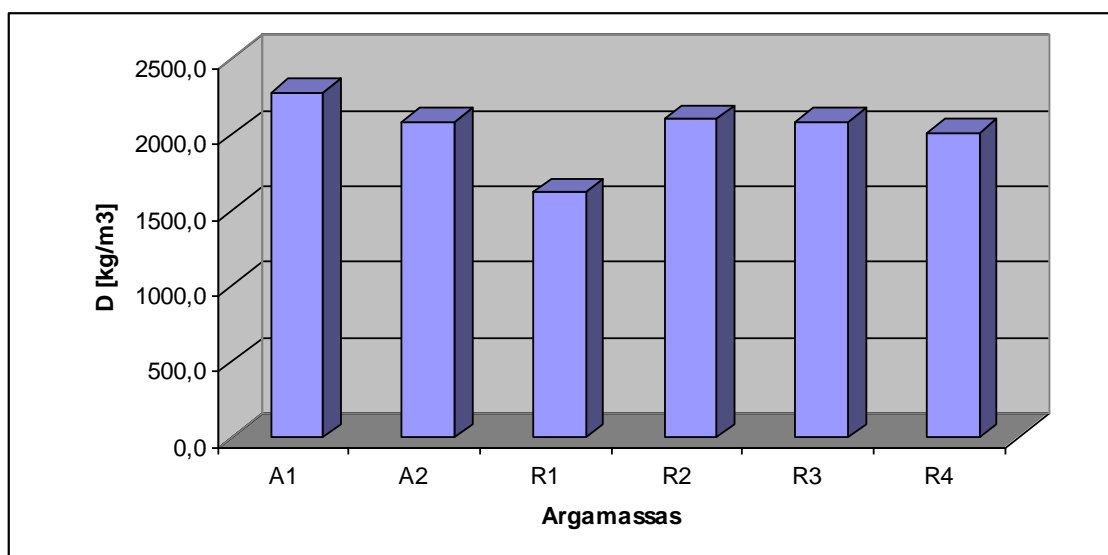


Figura 6.12 – Gráfico das massas volúmicas das argamassas frescas

6.3.5.3. Discussão dos resultados

Como os resultados são proporcionalmente semelhantes aos obtidos para a massa volúmica da argamassa endurecida, esta apreciação é feita conjuntamente no ponto seguinte.

6.3.6. DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA DE ARGAMASSA ENDURECIDA

6.3.6.1. Descrição do ensaio

O referido ensaio foi efectuado, baseado na norma NP EN 12390-7:2009 [44], fazendo as devidas alterações de ajuste para argamassas. Após a desmoldagem, os provetes foram colocados na câmara húmida à temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Após a cura, de 28 dias foram colocados em água a $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ até ficarem saturados, ou seja, quando a variação de massas foi inferior a 0,2% em 24 horas, registando-se a sua massa, m_s ; em seguida procedeu-se ao registo da massa hidrostática dos provetes saturados, $m_{s\text{ sat}}$; por fim colocaram-se os provetes na estufa a $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ até que a variação de massa foi inferior a 0,2% em 24 horas e registou-se a sua massa seca, m_d . O cálculo prossegue achando-se o volume do provete, V .

$$V = \frac{m_s - m_{s\text{ sat}}}{\rho_w} \quad (6)$$

em que:

- V – é o volume do provete em m^3 ;
- m_s – é a massa do provete saturado em kg;
- $m_{s\text{ sat}}$ – é a massa hidrostática do provete saturado, em kg;
- ρ_w – é a massa volúmica da água, a 20°C , tomada como 998 kg/m^3 .

Por fim o cálculo da massa volúmica da argamassa endurecida é:

$$D = \frac{m_d}{V} \quad (7)$$

em que:

- D – é a massa volúmica do provete em kg/m^3 ; $D (\text{kg/m}^3)$
- m_d – é a massa do provete seco em kg;
- V – é o volume determinado anteriormente, em m^3 .



Figura 6.13 – Provetes usados no ensaio

6.3.6.2. Apresentação dos resultados

Os resultados obtidos são apresentados na tabela 6.16 e na figura 6.14.

Tabela 6.16 – Valores da massa volúmica endurecida das argamassas

Argamassas	m_s (kg)	$m_{s\text{ sat}}$ (kg)	m_d (kg)	V (m ³)	D (kg/m ³)
A1	0,5808	0,3247	0,5296	0,0003	2063,5
A2	0,5262	0,2723	0,4690	0,0003	1843,1
R1	0,4348	0,1803	0,3592	0,0003	1408,1
R2	0,5447	0,2828	0,4926	0,0003	1877,5
R3	0,5329	0,2769	0,4707	0,0003	1835,1
R4	0,4901	0,2457	0,4280	0,0002	1748,1

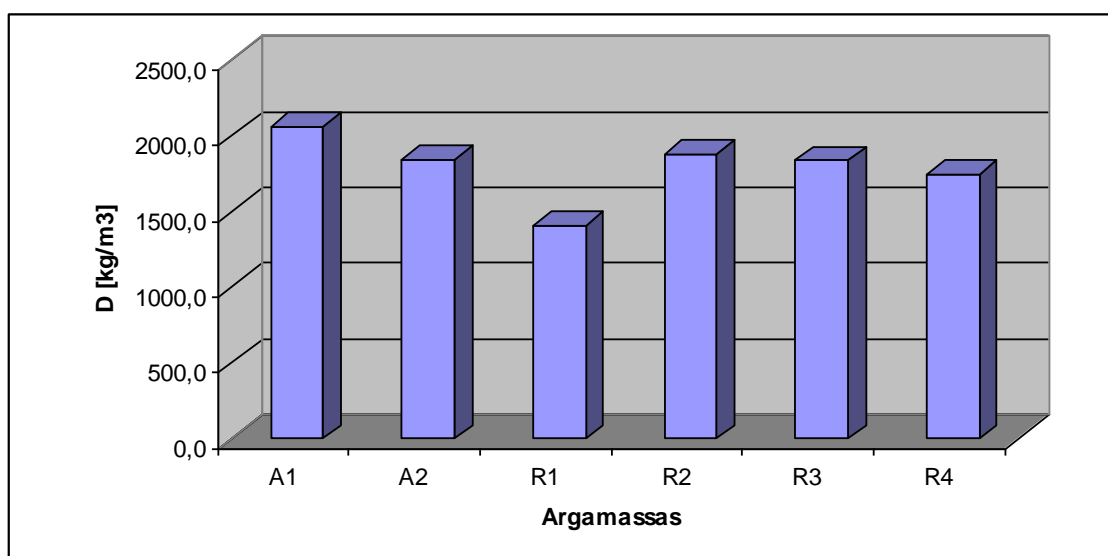


Figura 6.14 – Gráfico da massa volúmica endurecida das argamassas

6.3.6.3. Discussão dos resultados

Verificou-se que as menores densidades das argamassas, quer fresca, quer endurecida, se verificou para a argamassa de reboco industrial R1. Como redigido em 6.3.4.3. presume-se que este facto se deve ao ar introduzido que esta argamassa se supõe conter. Quanto aos restantes valores, destaque para a maior densidade de argamassa de assentamento industrial A1.

6.3.7. PROFUNDIDADE DE PENETRAÇÃO DA ÁGUA SOB PRESSÃO

6.3.7.1. Descrição do ensaio

O mecanismo mais corrente de transporte de água através da rede porosa das argamassas é a absorção capilar. A norma NP EN 12390-8:2009 [45] preconiza o ensaio para a determinação da profundidade de penetração da água sob pressão, no entanto esta norma é específica para betões pelo que foi feito uma adaptação da norma para argamassas.

Para a realização deste ensaio foram feitos provetes cúbicos, de aresta 100 mm, que foram postos em cura numa câmara húmida à temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$ e $\text{HR} \geq 95\%$. Para a realização deste ensaio os provetes são colocados num aparelho que consiste essencialmente na aplicação de água sob pressão de $500 \pm 50 \text{ kPa}$ numa face que não a de enchimento, em que se passou uma escova para evitar perturbações na penetração de água devido ao óleo descofrante por exemplo. O ensaio tem uma duração de três dias e no fim deste os provetes são abertos ao meio perpendicularmente à face de contacto com a água, marcando-se a linha limite da parte húmida e medindo-se a altura de penetração da água. Para cada uma das argamassas foram feitos três cubos.

Na figura 6.15 é possível ver o aparelho utilizado para o ensaio, a abertura do provete e um provete aberto.



Figura 6.15 – Ensaio de profundidade de penetração da água sob pressão

6.3.7.2 Apresentação dos resultados

Este ensaio não correu da melhor forma visto que nunca se atingiu o tempo normalizado de ensaio, os três dias. Dos três provetes feitos por cada argamassa foram colocados dois em simultâneo no aparelho. Das seis argamassas ensaiadas, verificou-se:

- A1 – ao fim de uma hora saturou;
- A2 – ao fim de trinta minutos começou a vazar pelos lados;
- R1 – um provete rompeu com o aperto e o outro rompeu mal foi posto em carga;
- R2 – ambos os provetes em uma hora e meia gastaram 240 ml de água e o ensaio acabou passado seis horas visto estarem saturados;
- R3 – um provete rompeu logo que posto à carga e o outro provete rompeu ao fim de quinze minutos;
- R4 – nenhum dos dois aguentou a força do aperto.



Figura 6.16 – Imagem do ensaio e resultado em A1



Figura 6.17 – Imagem do ensaio de R3, à esquerda, e de R4, à direita

No fim do ensaio às seis argamassas, com recurso ao ultimo dos três provetes feitos para cada argamassa, tentou-se realizar novamente o mesmo ensaio com uma pressão mais baixa na tentativa de ver o seu comportamento. No aparelho utilizado para o ensaio calibrou-se a pressão de água para apenas 100 kPa e colocou-se o último provete de cada argamassa a ensaiar, todos ao mesmo tempo.

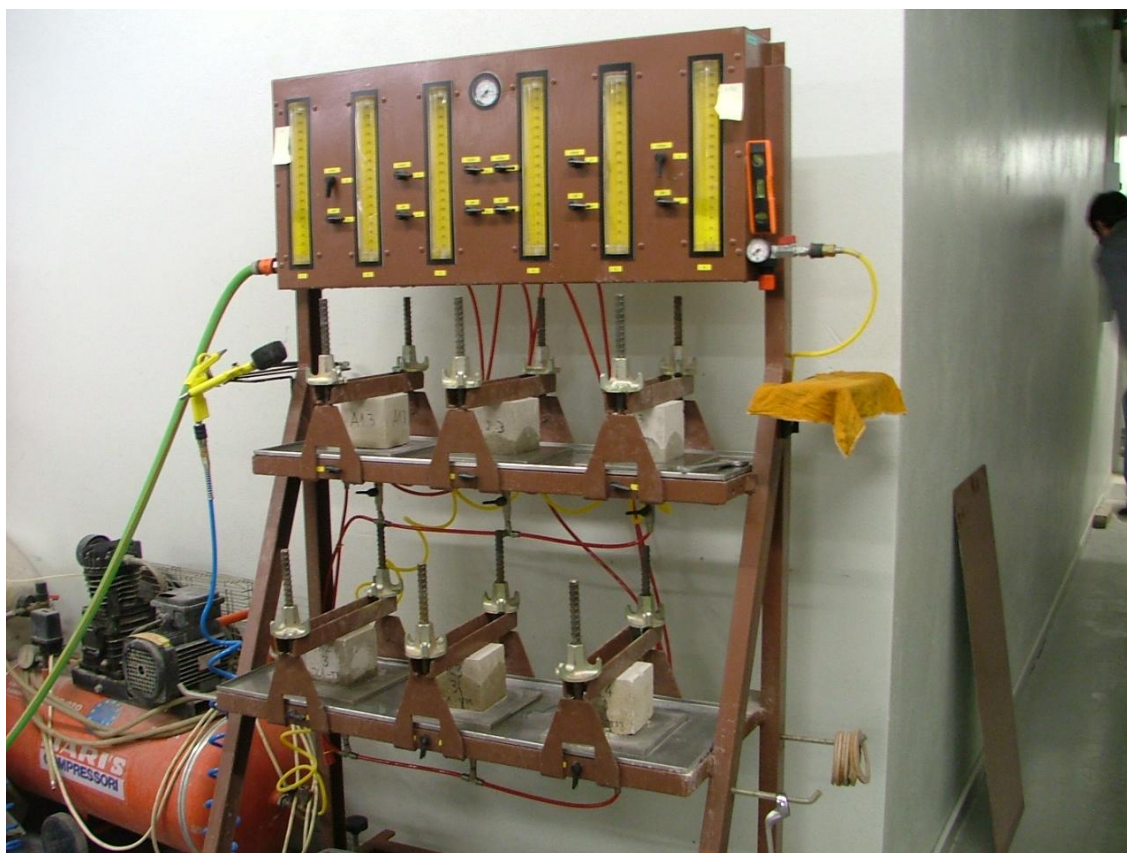


Figura 6.18 – Ensaio de penetração de água sobre pressão (100 kPa)

Estipulou-se que o ensaio teria a duração de duas horas pelo que ao fim desse tempo seriam abertos para visualização da altura de penetração de água; entretanto só com o aperto, R3 e R4 fissuraram. Ao fim de duas horas os restantes foram abertos apesar de já se encontrarem a perder água pela superfície de contacto e/ou lateralmente. As figuras mostram bem o sucedido.

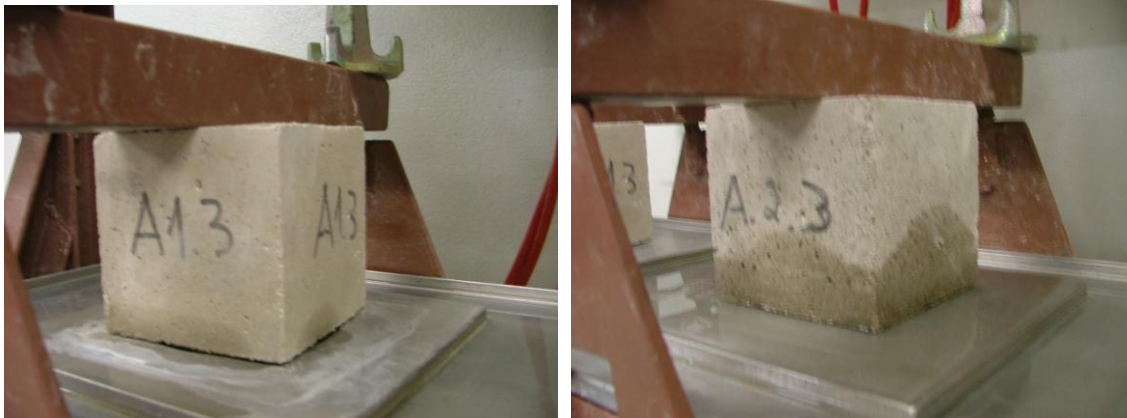


Figura 6.19 – Provetes A1 e A2 durante o ensaio



Figura 6.20 – Provetes R1 e R2 durante o ensaio



Figura 6.21 – Provetes R3 e R4 durante o ensaio



Figura 6.22 – Visualização de todos os provetes ao fim de 2 horas

Finalmente, pode-se ver na figura 6.22 a imagem de cada um dos provetes de cada argamassa aberto ao meio. Foram medidas as respectivas profundidades de penetração máxima atingida, encontrando-se indicadas na tabela 6.17.

Tabela 6.17 – Valores de profundidade máxima de penetração

Argamassas	A1	A2	R1	R2	R3	R4
Profundidade máxima de penetração (mm)	40	75	66	43	89	---

6.3.7.3. Discussão dos resultados

Em virtude do insucesso verificado na primeira fase de ensaios realizados nos moldes previstos para o betão (provetes sujeitos a uma pressão de água de 500 kPa durante 72h), optou-se na segunda fase por condições de ensaio mais suaves (pressão de água de 100 kPa durante 2h), que permitem apenas a comparação relativa do comportamento das argamassas.

Verifica-se assim que o melhor comportamento é das argamassas A1 e R2, seguidas da R1, posteriormente a A2 e finalmente as pior resultado R3 e R4.

6.3.8. ENSAIO DE RETRACÇÃO E EXPANSÃO

6.3.8.1. Descrição do ensaio

O referido ensaio teve por base a especificação do LNEC E 398:1993 [46] referente a betão pelo que se fez o seu ajuste para argamassas. A retracção é a diferença entre o valor do comprimento de um provete após a secagem sob condições especificadas e o valor do seu comprimento após a desmoldagem, numa sala com temperatura ambiente de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e humidade relativa de $50 \pm 5\%$. Os provetes ensaiados foram dois por cada argamassa, colocados nesse ambiente logo após o desmolde e usando um equipamento de medição da deformação; fizeram-se quatro leituras, uma por cada lado de cada provete.

6.3.8.2. Apresentação e discussão dos resultados

Verificou-se que as leituras efectuadas sobre os provetes apresentavam um grau de imprecisão superior às variações de comprimento registadas entre leituras. Este facto tornou-se mais notório nos provetes cujas inserções metálicas já apresentavam folgas e nos que ficaram desalinhas relativamente ao eixo do provete, tornando os resultados não fidedignos e portanto inconclusivos.

Devido a estes factos optou-se por não apresentar estes dados e resultados.

7

CONCLUSÕES

7.1. INTRODUÇÃO

Face aos objectivos propostos para o presente trabalho, ir-se-ão procurar conclusões em correspondência com estes objectivos. Deste modo, dividir-se-ão estas conclusões em duas partes, uma referente ao programa experimental de comparação de argamassas tradicionais com as industriais, e uma segunda parte respeitante à recente normalização CEN sobre argamassas.

7.2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Na sequência do programa experimental desenvolvido no Capítulo 6 para comparação das características de argamassas tradicionais com as industriais e da discussão dos resultados dos diferentes ensaios de que foram objecto as diferentes argamassas, elaborou-se um quadro resumo destas características para apreciação geral, que se encontra apresentado na tabela 7.1.

Em face dos resultados obtidos permite-se tirar as seguintes conclusões:

- Quanto às argamassas de assentamento, verificou-se que em todos os ensaios o comportamento da argamassa industrial (A1) foi melhor do que a tradicional com a mesma consistência (A2), permitindo concluir que a argamassa industrial é melhor que a tradicional (pelo menos para as características ensaiadas).
- Quanto às argamassas de reboco verificou-se serem de melhor qualidade as argamassas R1 (industrial) e R2 (tradicional com cimento Portland). No que respeita à argamassa R4 (tradicional com cimento Portland e cal hidratada) é a de pior qualidade, sendo a argamassa R3 (tradicional com cimento Portland e cal hidráulica) a que tem comportamento intermédio relativamente as restantes.

No entanto, não foi possível quantificar a retracção destas argamassas e fazer a sua caracterização quanto a este aspecto, que poderia alterar esta apreciação (por exemplo a argamassa R2 muito resistente mecanicamente, poderia ter inconveniente de retractibilidade).

Tabela 7.1 – Resumo das características dos valores dos ensaios

Argamassas Tipo	Resistências mecânicas aos 28 dias		Coeficiente de absorção capilar (kg/(m ² *min ^{0,5}))	Absorção por imersão (%)	Massa volúmica		Prof. de penetração de água sob pressão (mm)
	Flex. (Mpa)	Compr. (Mpa)			Fresca (kg/m ³)	Endur. (kg/m ³)	
A1 (industrial de assentamento)	2,58	8,96	0,72	20,20%	2281	2064	40
A2 (tradicional de assentamento)	1,44	4,82	0,94	21,1	2086	1843	75
R1 (industrial de reboco)	0,94	2,4	0,61	29,3	1616	1408	66
R2 (tradicional de reboco - cimento Portland)	3,14	14,19	0,58	20,1	2103	1878	43
R3 (tradicional de reboco - cimento Portland + cal hidráulica)	1,07	3,22	1,16	22,9	2085	1835	89
R4 (tradicional de reboco - cimento Portland + cal hidratada)	0,35	0,65	2,58	26	2012	1748	---

7.3. NORMALIZAÇÃO CEN SOBRE ARGAMASSAS

Tendo em conta a normalização CEN sobre argamassas recentemente publicada, verifica-se ser possível estruturar cadernos de encargos com cláusulas técnicas especiais, especificando para além das composições com referencia a traços, principalmente o comportamento das argamassas (o seu desempenho). De facto as normas EN 998-1 e EN 998-2 dão já indicação das características a especificar para as argamassas de reboco e de assentamento, respectivamente, em função da sua aplicação.

Essa especificação poderá ser verificada através de ensaios de controlo, que estão descritos no conjunto de normas de ensaio, EN 1015 – partes 2 a 21, referindo-se cada uma destas partes à determinação de uma determinada característica das argamassas.

Quanto aos constituintes das argamassas, para além da normalização existente para os constituintes comuns aos betões, existem normas próprias para alguns ligantes e argamassa:

- NP EN 459-1:2002 [16] – Cal de construção
- NP EN 413-1:2006 [21] – Cimentos de alvenaria
- NP EN 13139:2005 [9] – Agregados para argamassas

Estas normas permitem especificar particularmente estes constituintes das argamassas.

7.4. TRABALHOS FUTUROS

Atendendo aos objectivos propostos para o presente trabalho e às conclusões obtidas, entendemos que se poderão desenvolver trabalhos futuros em dois aspectos:

- Relativamente ao programa experimental desenvolvido, este ficaria mais completo com ensaios de medição da retracção das argamassas, permitindo conclusões com um âmbito mais alargado.
- Quanto à normalização recente CEN sobre argamassas, poder-se-ão elaborar cláusulas técnicas especiais exemplificativas da sua consideração nos cadernos de encargos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Alvarez, J., Ensinaamentos a Retirar ao Passado Histórico, 2005, <http://www.apfac.pt/congresso2005/comunicacoes/Paper%2051.pdf>
- [2] ASTM C 1437:2001, Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar, annual Book of ASTM Standards, 2001
- [3] APFAC, Argamassas Fabris: Produção, Famílias, Normas, 23 de Fevereiro de 2007, Associação Industrial Portuguesa, Auditório COPRAI, Lisboa
- [4] Maciel, L; Barros, M; Sabbatini, F; Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos, 1998, <http://pcc2436.pcc.usp.br/Textost%C3%A9nicos/Revestimentos%20verticais/aula%205%202005%20texto%20argamassa.PDF>
- [5] <http://www.apfac.pt/docs/APFAC%20Estatistica%202007%20Global.pdf>
- [6] <http://www.apfac.pt/docs/APFAC%20Estatistica%202004%20Global.pdf>
- [7] Sousa, H; Gestão de Projectos, FEUP, Porto, 2003
- [8] NP EN 196-1:2006, Métodos de Ensaio de Cimentos – Parte 1: Determinação das resistências mecânicas, IPQ, 2006
- [9] NP EN 13139:2005, Agregados para argamassas, IPQ, 2005
- [10] Coutinho, J; Materiais de construção 2, FEUP, Porto, 2002
- [11] Martins, J; Assunção, J; Materiais de Construção, UFP, 2002 <http://www2.ufp.pt/~jguerra/PDF/Materiais/Argamassas%20e%20rebocos.pdf>
- [12] Rodrigues, M; Argamassas de Revestimento para alvenarias antigas, Tese de Douturamento, Universidade Nova de Lisboa
- [13] Veiga, R; Faria, P; Revestimentos de ligantes materiais e mistos com base em cimento, cal e resina sintética, LNEC
- [14] Paulo, R, Caracterização de Argamassas Industriais, Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, 2006
- [15] <http://pt.wikipedia.org/wiki/gesso>
- [16] NP EN 459-1:2005, Cal de construção – Parte 1: Definições, especificações e critérios de conformidade, IPQ, 2005
- [17] http://www.construlink.com/Homepage/2003_ConstrulinkPress/Ficheiros/MonografiasPrimeirasPaginas/mn_calhid6.pdf
- [18] <http://pt.wikipedia.org/wiki/cal>
- [19] NP EN 197-1:2001, Cimento – Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes, IPQ, 2001
- [20] EMOdico, Dicionário Técnico, European Mortar Industry Organization, 3 Ed, 2001
- [21] NP EN 413-1:2006, Cimento de alvenarias – Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade, IPQ, 2006

- [22] NP EN 1008:2003, Água de amassadura para betão – Especificações para a amostragem, ensaio e avaliação da água, incluindo água recuperada nos processos da indústria de betão, para o fabrico de betão, IPQ, 2003
- [23] EN 998-1:2003, Specification for mortar for masonry – Part 1: Rendering and plastering mortar, CEN, 2003
- [24] EN 998-2:2003, Specification for mortar for masonry – Part 2: Masonry Mortar, CEN, 2003
- [25] APFAC, <http://www.apfac.pt/layout.asp?area=3000>
- [26] APFAC, <http://www.apfac.pt/monografias/Monografia%20Rebocos%20e%20Monomassas%20v1Mai08.pdf>
- [27] Colen, I; Brito, J; Freitas, V; Técnicas de diagnóstico e de manutenção para remoção de manchas em paredes rebocadas, 2005, <http://www.apfac.pt/congresso2005/comunicacoes/Paper%2003.pdf>
- [28] <http://www.patorreb.com/>
- [29] LNEC E 393:1993, Betões – Determinação da absorção de água por capilaridade, LNEC, 1993
- [30] Caderno de Encargos da Ponte Ferroviária sobre o rio Douro e seus acessos
- [31] Caderno de Encargos do Jardim Escola Santo António
- [32] Caderno de Encargos da Faculdade de Medicina (Novo Edifício dos Serviços da Ciências Básicas)
- [33] Caderno de Encargos das Novas instalações do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar e da Faculdade de Farmácia
- [34] Caderno de Encargos da Ampliação das Instalações da Faculdade de Economia do Porto
- [35] Caderno de Encargos da Incubadora de Base Tecnológica do Pólo Universitário da Asprela
- [36] Caderno de Encargos da CANTINA DO SASUP
- [37] Caderno de Encargos da FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
- [38] Caderno de Encargos das NOVAS INSTALAÇÕES DA FACULDADE DE LETRAS DA U. PORTO
- [39] Caderno de Encargos RESIDÊNCIA E CANTINA PARA O POLO II DA U. PORTO
- [40] EN 1015, “Methods of test for mortar for masonry”, Partes 1-21, 1998 - 2002
- [41] LNEC E 394:1993, Betões – Determinação da absorção de água por imersão, LNEC, 1993
- [42] LNEC E 256:1971, Betões – Determinação da massa volúmica do betão fresco, LNEC, 1971
- [43] NP EN 12550-6:2009, Ensaio do betão fresco – Parte 6: Massa volúmica, IPQ, 2009
- [44] NP EN 12390-7:2009, Ensaio do betão endurecido – Parte 7: Massa volúmica do betão endurecido, IPQ, 2009
- [45] NP EN 12390-8:2009, Ensaio do betão endurecido – Parte 8: Profundidade de penetração da água sob pressão, IPQ, 2009
- [46] LNEC E 398:1993, Betões – Determinação da retracção e da expansão, LNEC, 1993

ANEXO

Apresenta-se de seguida algumas transcrições referentes aos excertos de cadernos de encargos que foi possível consultar:

1 – Ponte Ferroviária sobre o rio Douro e seus acessos

- Argamassas de assentamento de alvenaria – “Tipo I – Argamassas de cimento e areia grossa, muito porosa, com o traço de: 100 kg de cimento e 1000 L de areia grossa a empregar no assentamento de tijolos”

2 – Jardim Escola Santo António

- a) alvenaria de pedra ou tijolo e regularização de pavimentos
- cimento e areia ao traço 1:4
- b) isolamentos hidrófugos (vulgo ceresite)
- cimento e areia ao traço 1:2 com hidrófugo em percentagem conveniente
- c) esboços de paredes exteriores com acabamento a areado
- cimento, meia areia e cal gorda ao traço 1:6:1
- d) esboços de paredes interiores, com acabamento a areado fino ou a estuque estanhado e de tetos acabados a areado fino ou a estuque
- cimento, areia fina e cal gorda ao traço 1:6:1
- e) acabamentos de paredes exteriores a areado
- cimento, meia areia e cal gorda e hidrófugo, ao traço 1:4:0,75
- f) acabamentos de paredes interiores a areado fino
- cimento, areia fina e cal gorda ao traço 1:4:0,75
- g) acabamentos de paredes interiores a estuque estanhado
- cimento, areia e cal gorda ao traço 1:5:4
- h) acabamentos de tectos a areado fino
- cimento, areia fina e cal gorda ao traço 1:5:4
- i) acabamentos de tectos a estuque
 - i.1- com tempo seco – gesso e cal gorda ao traço 1:2
 - i.2- com tempo húmido – gesso e cal gorda ao traço 1:1
- j) chapiscados sobre alvenarias de pedra ou de tijolo
- cimento, areia ao traço 1:2,5
- k) chapiscados sobre betões
- cimento, areia ao traço 1:2
- l) chapiscados sob tectos
- cimento, areia ao traço 1:2:5
- m) assentamento de tijolo maciço
- cimento claro, areia fina de rio e hidrófugo ao traço 1:3

3 - Faculdade de Medicina (Novo Edifício dos Serviços da Ciências Básicas)

“ 3.1 Argamassa de areia, ao traço 1:4 em volume;
empregar-se-à no assentamento das alvenarias de tijolo.

3.2 A argamassa de assentamento dos tijolos terá a composição de cimento e meia areia, ao traço 1:4 (em volume).

3.2.1 O aditivo hidrófugo das argamassas deve ser misturado na proporção de 2% do peso do cimento.

Quando o emboço hidrófugo for aplicado sobre superfícies de betão, estas deverão ser previamente chapiscadas com argamassa de cimento e meia areia, ao traço 1:2 (em volume).

3.2.2 As paredes interiores, de acordo com os desenhos do Projecto, serão impermeabilizadas com emboço hidrófugo de argamassa de cimento e areia fina ao traço 1:2, hidrofugada com aditivo hidrófugo de 1ª qualidade, incluindo dobragem nos vãos.”

4 - Revestimento com argamassas estanhadas

“O revestimento será executado com um reboco em argamassa de cimento, cal gorda e meia areia, ao traço 1:2:6 (em volume), conforme o especificado em SP6, sendo posteriormente acabado a goma de cal e cimento ao traço 1:2 (em volume), aplicada sobre o reboco ainda fresco, com acabamento estanhado liso.”

5 – Argamassas de Assentamento

“A argamassa de assentamento, será composta por uma liga de cimento e areia ao traço 1:4 (em volume), aplicadas de acordo com o indicado nas Condições Técnicas Especiais (CTE) deste Caderno de Encargos.”

6 – Técnicas de execução

“Todas as superfícies de aderência das argamassas de reboco, serão chapiscadas com argamassa de cimento e areia ao traço 1:2.”

7 - Dosagens

“Rebocos de desempenho e regularização de tectos e paredes exteriores:
Composição à base de cimento, cal hidráulica e meia areia com a dosagem de 1:7:14.

Rebocos de desempenho e regularização de tectos e paredes interiores:
Composição à base de cimento, cal em pasta e meia areia com a dosagem de 1:2:6.
Se o acabamento previsto for pintura com tinta vitrificante ou o revestimento com ladrilhos cerâmicos ou materiais de cantaria de granito, adoptar-se-á uma argamassa de cimento e meia areia ao traço 1:4”

4 – Novas instalações do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar e da Faculdade de Farmácia

- A) Impermeabilização – cimento e areia ao traço 1:2,5 com adição de hidrófugo na proporção de 5% do peso de cimento
- B) Alvenaria de tijolo – cimento, cal hidráulica e areia ao traço 1:1:8
- C) Rebocos interiores e exteriores – cimento, cal hidráulica e areia ao traço 1:1:6
- D) Estuques – gesso estuque, cal em pasta e areia fina ao traço 1:1:5

REBOCOS EXTERIORES

Utilizando cal hidráulica para rebocos 1:5

Utilizando cal comum e cimento 1:1:5

A areia a utilizar será de grão médio, isto é, mais fina do que a areia para betão, e mais grossa do que a areia para esboço. O inconveniente de utilização de rebocos ricos é o fendilhamento das superfícies.

REBOCOS INTERIORES

Utilizando cal hidráulica 1:7

Utilizando cal comum e cimento 1:3:7

ALVENARIAS DE TIJOLO

Utilizando cimento e areia grossa

CONDIÇÕES TÉCNICAS

- O reboco será executado com cimento com o aditivo hidrófugo nas percentagens indicadas pelo fabricante de modo a garantir uma boa impermeabilização, a aprovar pela fiscalização
- O reboco hidrofugado será executado ao traço 1:3, com acabamento areado.

FORNECIMENTO E EXECUÇÃO DE EMBOÇO E REBOCO ESTANHADO EM PAREDES INTERIORES

Aplicação do chapisco:

A argamassa a utilizar deverá ter o traço 1:1 a 1:3.

Composição de argamassa:

A argamassa será de cimento, cal em pasta e meia areia ao traço 1:1:5, com acabamento a goma de cimento, cal e areia fina ao traço 0,5:1:2 .

FORNECIMENTO E EXECUÇÃO DE EMBOÇO E REBOCO AREADO EM PAREDES EXTERIORES

A argamassa será de cimento, cal em pasta e meia areia ao traço 1:1:5, com acabamento areado fino.

FORNECIMENTO E EXECUÇÃO DE EMBOÇO E REBOCO ESTANHADO EM TECTOS INTERIORES

A aplicação do emboço e reboco será segundo o descrito atrás para as paredes interiores.

6 – Incubadora de Base Tecnológica do Pólo Universitário da Asprela

Impermeabilizações e isolamentos:

Na argamassa deve ser aplicado um hidrófugo líquido de 1ª qualidade, na percentagem a indicar pela firma fornecedora.

A argamassa de cimento e areia fina será ao traço de 1:2, em volume, sendo depois chapiscada para dar aderência aos rebocos.

Quando o emboco hidrófugo for aplicado sobre superfícies de betão, estas deverão ser previamente apicoadas e chapiscadas com argamassa de cimento e meia areia ao traço 1:3.

Revestimento de Paredes:

Todas as superfícies com insuficiente aderência para a aplicação das argamassas serão chapiscadas com argamassa de cimento e areia ao traço de 1:1,5 adicionada do hidrófugo tipo Barra em pó (ou equivalente), à razão de 2% do cimento.

Reboco areado fino:

As paredes interiores indicadas em projecto, após a aplicação do emboco de desempenho, serão guarnecidas com massa de reboco constituída por mistura homogénea de cal gorda, cimento e areia fina (1:0,5:5), bem apertada à talocha, ficando com acabamento areado fino.

Reboco liso (estanhado):

As superfícies de paredes interiores, nas situações indicadas em projecto, após o emboco de desempenho, serão rebocadas com argamassa de cimento, cal em pasta e areia fina (1,5:3:2), guarnecidas a goma de cal e cimento (2:0,5), aplicado sobre o reboco em fresco, ficando com acabamento liso e duro (estanhado).

Tectos com acabamentos a estuque:

Os tectos interiores das escadas de serviço serão rebocadas com massa de areia, cal e gesso, na proporção de 4:1:1, após o que serão revestidas com estuque.

7 - CANTINA DO SASUP

Argamassa de assentamento:

A argamassa de assentamento será normalmente constituída por um dos dois traços seguintes, em volume:

a) cal em pasta, cimento e areia 1:1:8

b) cal hidráulica, cimento e areia 1:0,5:6

Em paredes resistentes, com blocos de cimento e/ou de tijolos, a argamassa de assentamento será de cimento e areia ao traço 1:4.

REBOCOS

Todas as superfícies com insuficiência de aderência para aplicação das argamassas serão chapiscadas com argamassa de cimento e areia ao traço 1:1,5, adicionada do hidrófugo tipo Barra em pó (ou equivalente) à razão 2% de cimento.

ARGAMASSAS

1 – Esboço impermeabilizante:

Argamassa de cimento e areia ao traço 1:1,5; caso nada seja dito em contrário no Caderno de Encargos, será adicionado o hidrófugo tipo Barra em pó (ou equivalente) na proporção de 2% em peso de cimento.

2 – Emboço nas paredes exteriores:

Esta argamassa destina-se a manter o esboço impermeabilizante sob uma humidade que reduza ou mesmo elimine a fendilhação de refracção; a sua composição feita à base de cimento, cal hidráulica e meia areia, com a dosagem 1:4:15.

3 – Reboco de acabamento nas paredes exteriores (areado):

Se nada em contrário for indicado, será adoptada a mesma argamassa da alínea 2), podendo, com vantagens, a cal hidráulica ser substituída por cal gorda.

4 - Reboco de acabamento nas paredes interiores:

Acabamento areado

Se nada em contrário for indicado nas Condições Especiais, será adoptada a mesma argamassa da alínea 2), mas com uma meia areia (areado) ou areia fina (areado fino).

Acabamento estucado:

Será adoptada uma argamassa de cimento, cal gorda e areia fina, ao traço de 1:1:4.

Acabamento para pintura vitrificante ou para revestir:

Argamassa de cimento e areia fina, ao traço de 1:4.

5 – Emboço e reboco em tectos:

Emboço:

Argamassa de cimento, cal em pasta e meia areia, ao traço de 1:2:6.

Reboco:

Acabamento estucado: argamassa de gesso e cal em pasta, ao traço 1:2.

Acabamento areado: mesma argamassa da alínea anterior.

8- FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Paredes interiores em blocos de betão

O seu assentamento será feito com argamassa de cimento e areia ao traço 1:4.

Alvenarias em tijolo vazado

O seu assentamento será feito com argamassa de cimento e areia ao traço 1:4.

REBOCOS

Todas as superfícies com insuficiente aderência para aplicação das argamassas serão chapiscadas com argamassa de cimento e areia ao traço 1:1,5, adicionada do hidrófugo tipo Barra em pó (ou equivalente) à razão 2% de cimento.

Para além de outras, serão concretamente chapiscadas as superfícies de betão, dos tectos e as do emboco impermeabilizante. Nestas últimas, o chapiscado será feito logo que a sua presa o permita e nunca depois de 24 horas.

Reboco liso (estanhado)

Serão embocadas e rebocadas com massas brancas, tipo SERAL.

Reboco com guarnecimento areado

As paredes interiores, após o reboco de desempeno, serão guarnecidas com cal gorda, cimento e areia fina, ao traço 1:0,5:5, bem apertado à talocha, ficando com acabamento areado fino, sendo o acabamento final dado com esponja.

Tectos com acabamento areado:

Os tectos interiores, depois de desempenados com argamassa de cal e hidráulica e areia, traço 1:3, serão revestidos com argamassa de cal gorda, cal hidráulica e areia fina ao traço 1:1:6, ficando com acabamento areado, bem desempenadas e afagadas com os cantos lisos.

9 - NOVAS INSTALAÇÕES DA FACULDADE DE LETRAS DA U. PORTO

A argamassa de assentamento a utilizar terá 320Kg de cimento Portland normal por metro cúbico de argamassa (traço em volume de 1:4).

Argamassa Hidrofugada com Aditivo Hidrófugo nas percentagens recomendadas pelo fornecedor em paredes interiores

- a) O reboco será executado com cimento com aditivo hidrófugo, nas percentagens indicadas pelo fabricante, de modo a garantir uma boa impermeabilização, a aprovar pela Fiscalização
- b) O reboco hidrofugado será executado ao traço 1:3, com acabamento areado.

10 - RESIDÊNCIA E CANTINA PARA O POLO II DA U. PORTO

DOSAGENS HABITUAIS DE ARGAMASSAS

REBOCOS EXTERIORES

Utilizando cal hidráulica para rebocos – 1:5

Utilizando cal comum e cimento – 1:1:5

A areia a utilizar será de grão médio, isto é, mais fina do que a areia para betão, e mais grossa do que a areia para esboço. O inconveniente da utilização de rebocos ricos é o fendilhamento das superfícies.

REBOCOS INTERIORES

Utilizando cal hidráulica – 1:7

Utilizando cal comum e cimento – 1:3:7

Utilizando cal hidráulica e cimento para maiores resistências (bases para tintas de grande endurecimento, etc.) – 1:1:5.

ALVENARIAS DE TIJOLO

Utilizando cimento e uma areia grossa – 1:6.

PAREDES INTERIORES

Com argamassa de cimento e areia ao traço – 1:3.

PAREDES

EMBOÇO E REBOCO ESTANHADO EM PAREDES INTERIORES

Serão rebocadas e estanhadas com Reboco Hidráulico Pronto, RHP, tipo CS-IV para interior, da Secil-Martingança.

PROCESSO DE APLICAÇÃO DO ESTANHADO

Para o acabamento estanhado deverá ser utilizada a Pasta de Estanhar Martingança que será aplicada numa única demão, directamente sobre o reboco que ainda se deve encontrar fresco, mas com resistência suficiente para ser estanhado.

A Pasta de Estanhar deverá ser amassada na proporção de 10 a 11 litros de água limpa por cada saco de 25 Kg.

TECTOS

EMBOÇO E REBOCO ESTANHADO EM TECTOS INTERIORES

Serão rebocadas e estanhadas com Reboco Hidráulico Pronto, RHP, tipo CS-IV para interior, da Secil-Martingança.

